

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
з курсу «Інженерна геодезія та вишукування»
«Будова, перевірки та робота з технічними теодолітами»

(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19
Будівництво та цивільна інженерія)

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування

Протокол № 6 від 27.01.2026 р.

Київ 2026

УДК 528.4(076)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Інженерна геодезія та вишукування» «Будова, перевірки та робота з технічними теодолітами» (для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія) (Електронне видання)/ Укладач: Уваров П.Є. – Київ, СНУ ім. В.Даля, 2026 - 50 с.

В методичних вказівках висвітлено будову теодоліта, наведені практичні рекомендації щодо вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів за допомогою теодолітів типу Т30, визначені умови перевірки та юстування приладу.

Методичні вказівки укладено для практичного застосування у навчальному процесі здобувачів вищої освіти за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія».

Укладач: П.Є. Уваров – к.т.н., доцент кафедри БУПП

Рецензент: Н.І. Білошицька – доцент

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Принцип вимірювання горизонтального кута. Основні терміни і означення	5
2. Правила поводження з приладами	10
3. Будова технічних теодолітів і відлікові пристрої	12
4. Перевірка та юстування теодоліта типу ТЗ0	23
5. Робота з теодолітом на станції	38
6. Визначення місця нуля (М0) і вимірювання вертикальних кутів	43
7. Вимірювання віддалі нитковим віддалеміром	45
Список рекомендованої літератури	49

ВСТУП

Теодоліт (від грецької *θεωομαι* - розглядаю і *δολιχξ* - довгий) - геодезичний прилад для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, кутів орієнтування й відстаней.

За діючим стандартом теодоліти поділяють на високоточні, точні та технічні. За конструктивними особливостями: традиційні, автоколімаційні - А, маркшейдерські - М, електронні - Е, з компенсатором вертикального круга - К. У табл. 1 подано технічні характеристики теодолітів.

Таблиця 1 - Технічні характеристики теодолітів

Основні параметри	Т30	2Т30	4Т-30П
Середня квадратична похибка вимірювання кута, кутові с:			
горизонтального	30	20	20
вертикального	45	30	30
Збільшення зорової труби, разів	20	20	20
Світловий діаметр об'єктива, мм	29	29	29
Найменша відстань візування, м	1,2	1,2	1,2
Фокусна відстань об'єктива, мм	157	157	157
Діаметр кругів, мм:			
горизонтального	72	72	72
вертикального	72	72	72
Ціна поділки лімба, кутові мін.	10	60	60
Ціна поділки (шкалового мікроскопа), кутові мін.	-	5	5
Ціна поділки рівня, кутові с:			
аліади горизонтального круга	45	45	45
зорової труби		20	20
Збільшення оптичного центрира, разів	-	-	1,8
Вага теодоліта, кг	2,2	2,3	2,3

Основним удосконаленням цих теодолітів є випуск їх з компенсатором замість рівня вертикального круга. Коли в приладі є компенсатор, до його назви додають літеру «К». Наприклад: Т5К. Якщо в теодоліт інша модифікація, тоді попереду додають цифру - Т30 → 2Т30. Коли в теодоліті земна труба (пряме зображення), то додають літеру П - 2Т30 → 2Т30П.

1. ПРИНЦИП ВИМІРЮВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КУТА. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ І ОЗНАЧЕННЯ

Горизонтальний кут - ортогональна проєкція просторового кута на горизонтальну площину.

Розглянемо принцип вимірювання горизонтального кута (рис. 1). Щоб виміряти горизонтальний кут CBA , у його вершині A установлюють прилад, головною частиною якого є круг з поділками. Круг розташовують горизонтально, а центр його поділок - над точкою B . Проєкції напрямів BA і BC перетнуть шкалу круга на відріках (поділках) a' і c' . Різниця цих відріків дасть кут $\beta = a' - c'$

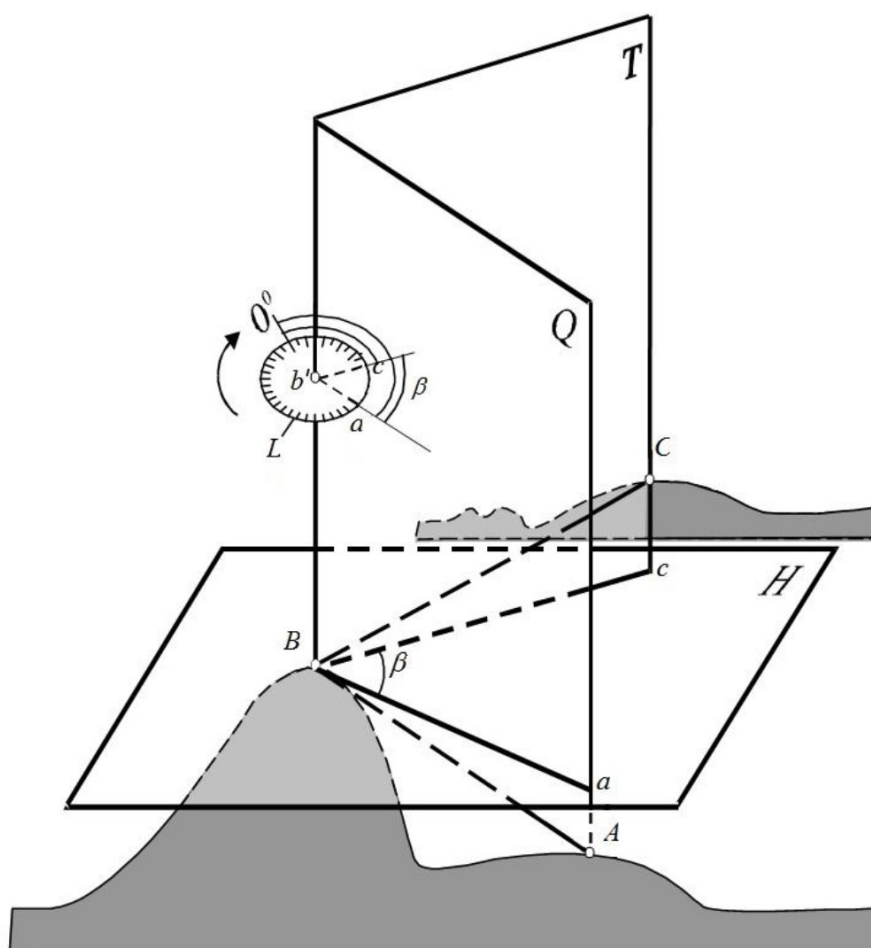


Рисунок 1 - Принцип вимірювання горизонтального кута

На цьому принципі ґрунтується будова теодолітів.

На рис. 2 наведена принципова схема будови теодоліта. Прилад складається з підставки, встановленої на трьох підймальних гвинтах. В отвір

підставки входить вісь обертання горизонтального круга, в яку, у свою чергу, входить вісь обертання алідади.

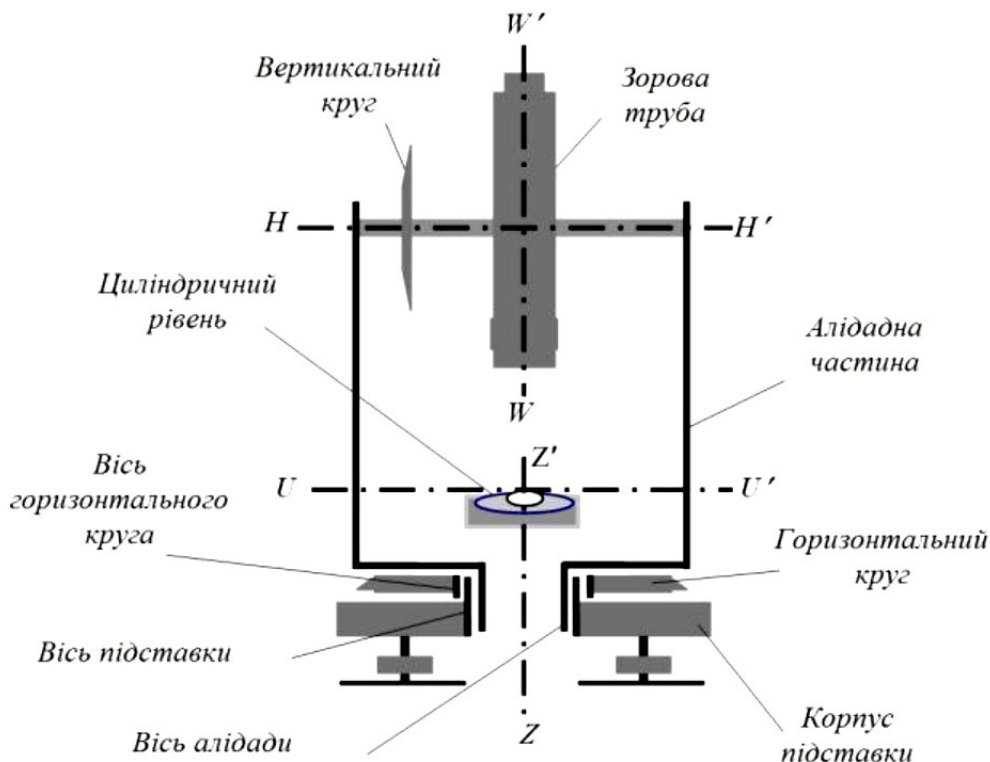


Рисунок 2 - Принципова схема будови теодоліта

Щоб досягти неспотвореного значення результатів вимірювань, осі теодоліта мають бути відповідно розміщені одна відносно одної, тобто повинні бути виконані такі геометричні умови:

- 1) **вісь циліндричного рівня UU** перпендикулярна до вертикальної осі ZZ' приладу;
- 2) **візирна вісь зорової труби WW** перпендикулярна до горизонтальної осі приладу HH (осі обертання зорової труби);
- 3) **горизонтальна вісь приладу HH** (вісь обертання зорової труби) перпендикулярна до вертикальної осі ZZ' приладу.

Для правильного розуміння тексту нагадаємо деякі означення термінів, які використовуються під час опису теодолітів:

- **лімб** - робоча міра теодоліта - поділки на кутомірному крузі;
- **горизонтальний (вертикальний) круг** - скляне кільце з поділками (лімб);

- **алідада** - розташована співвісно з лімба частина приладу, на якій містяться елементи відлікового пристрою. Дві колонки з віссю обертання зорової труби і вертикального круга називають алідадною частиною. На корпусі алідади закріплено циліндричний рівень;
- **вертикальна вісь теодоліта ZZ'** (рис. 2) - це вісь обертання алідади;
- **горизонтальна вісь теодоліта HH** (рис. 2) - це вісь обертання зорової труби у вертикальній площині;
- **зорова труба** - візирний пристрій з об'єктивом, окуляром та сіткою ниток;
- **візирна вісь WW** (рис. 2) - це лінія, що проходить через центр сітки ниток і задню головну точку об'єктива;
- **візування** - процес спрямування зорової труби на точку;
- **візирна площина (колімаційна площина)** - це прямокутна площина, яка містить візирну вісь;
- **рівень теодоліта** - пристрій для установлення приладу загалом і окремих його вузлів відносно прямокутної лінії (рис.3);
- **ампула рівня** - прозорий резервуар, герметично залютований після заповнення його рідиною, внутрішня поверхня якого характеризується певним радіусом кривини;
- **нуль-пункт** - це точка на внутрішній поверхні ампули рівня в центрі поділок його шкали;
- **бульбашка рівня** - це простір усередині ампули, заповнений парами ефіру;

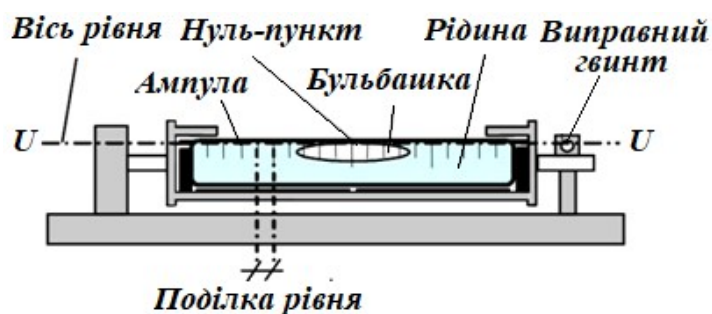


Рисунок 3 - Циліндричний рівень

- **вісь циліндричного рівня** - це дотична UU' (рис. 3) до поздовжнього перерізу внутрішньої поверхні ампули в нуль-пункті;
- **вісь сферичного рівня** - це лінія, що збігається з радіусом KK' (рис. 4) сферичної поверхні, який проходить через нуль-пункт рівня;
- **поділка циліндричного рівня** - відстань між сусідніми штрихами, нанесеними на ампулі;
- **поділка сферичного рівня** - відстань між двома концентричними колами, нанесеними на ампулі;

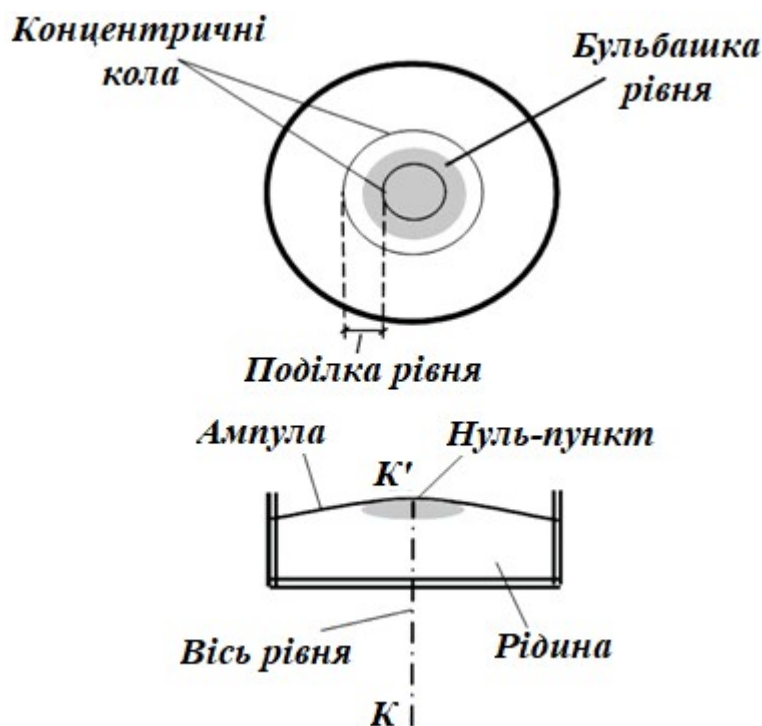


Рисунок 4 - Сферичний рівень

Для правильного розуміння тексту також нагадаємо деякі означення термінів, які використовуються під час експлуатації теодолітів:

- **установлення зорової труби для спостережень** - це послідовність дій для встановлення чіткого зображення сітки ниток (за допомогою діоптрійного кільця окуляра) та предмета, який спостерігають (за допомогою фокусувального гвинта);
- **установлення теодоліта в робоче положення** - це установлення вертикальної осі теодоліта прямовисно за допомогою рівня, а зорової труби та відлікових пристроїв - для спостережень;

- **центрування теодоліта** - установлення його в робоче положення так, щоб вертикальна вісь теодоліта проєктувалась на вершину вимірюваного кута.

До основних частин теодоліта належать також навідні та закріплювальні пристрої, які використовують для спрямування зорової труби на візирну ціль та закріплення рухомих частин приладу в заданому напрямі.

Під час зберігання та транспортування технічні теодоліти знаходяться у спеціальному футлярі (рис. 5).



Рисунок 5 – Футляр теодоліту

Щоб розпакувати теодоліт, необхідно з невеликим зусиллям натиснути зверху на ковпак, притиснути пружини до ручок, що знаходяться усередині них, і повернути ручки у напрямках, вказаних стрілками.

Для правильного пакування трубу теодоліта установлюють вертикально, а червоні крапки алідадної частини і основи установлюють одна напроти одної. Закріплюють закріпні гвинти труби, алідади і горизонтального круга.

Футляр одягають на теодоліт тільки в одному положенні. Для цього внизу на внутрішній поверхні футляр має спеціальний виступ, який входить у призначене для нього гніздо, розташоване на краю основи. Натиснувши з невеликим зусиллям на ковпак, зачиняють ручки замка. На отвір в основі для станового гвинта закручують кришку, яку заздалегідь викручують з основи.

2. ПРАВИЛА ПОВОДЖЕННЯ З ПРИЛАДАМИ

Несправність геодезичних приладів, здебільшого, є наслідком неправильного поводження з ними, тому до геодезичних приладів треба ставитися бережливо.

Отримуючи прилади зі складу, їх треба оглянути.

Щоб вийняти прилад із футляра, треба запам'ятати розташування та закріплення в ньому частин приладу, для того, щоб після роботи правильно його запакувати.

Виймаючи прилад із футляра і вкладаючи його на місце, не можна докладати надмірних зусиль; прилад має легко вийматися й укладатися на місце.

Прилад утримують за його підставку або за підставки зорової труби, ставлять його на задалегідь встановлений штатив і відразу закріплюють становим гвинтом до головки штатива.

Наконечники ніжок штатива утискають у ґрунт.

Перевіряють справність підймальних, закріпних, навідних і юстувальних гвинтів та гвинтів ніжок штатива.

Переконуються у справності рівнів.

Далі перевіряють правильність обертання або переміщення рухомих частин приладу.

Якщо виявлено затинання чи нерівномірне обертання (пересування) будь-якої рухомої частини, треба з'ясувати причину цього явища і, якщо можливо, усунути її.

Не слід намагатись позбавитись причини затинання будь-якої рухомої частини застосуванням надмірних зусиль. Це може призвести до серйозного пошкодження приладу. Далі перевіряють якість зображення штрихів на кутомірних кругах і відлікових пристроях і роблять пробні відліки.

Оглядають зорову трубу. Поле зору труби і відлікового мікроскопа мають бути чистими. Не можна доторкатися пальцями до оптичних деталей зорової труби, відлікового пристрою та дзеркал. Діоптрійним кільцем окуляра встановлюють різкість сітки ниток і, візуючи на різні предмети місцевості, визначають якість зображень, що даються трубою.

Після огляду прилад упаковують; при цьому закріпні гвинти його мають бути відпущені. Після закріплення всіх пакувальних гвинтів закріплюють всі закріпні гвинти приладу. Якщо прилад вкладено правильно, кришка футляра має

безперешкодно зачинятися; в іншому випадку слід з'ясувати й усунути причину, через яку футляр не закривається.

Під час перенесення приладів не допускають поштовхів та невеликих нахилів.

Основні правила експлуатації теодоліта:

Транспортування та зберігання: Переносити прилад слід тільки у спеціальному футлярі (укладочному ящику). Тримати прилад за зорову трубу або лімб заборонено.

Встановлення:

Спочатку надійно встановлюють штатив, а потім на нього — теодоліт.

Прилад кріпиться до штатива становим гвинтом, причому робиться це обережно, щоб не пошкодити різьбу.

Робота з гвинтами: Навідні та закріпні гвинти не можна затягувати занадто сильно. Обертати їх потрібно плавно.

Приведення в робоче положення:

Горизонтальний круг встановлюють у горизонтальне положення, а вертикальну вісь — у прямовисне, використовуючи циліндричні або круглі рівні.

Використовується методика виконання повірки для перевірки колімаційної площини.

Безпека:

Забороняється дивитися на сонце через зорову трубу без спеціальних фільтрів.

Якщо теодоліт має лазерний далекомір, не можна дивитися на промінь та направляти його на людей або дзеркальні поверхні.

Очищення: Після роботи з приладом слід видалити пил, а при необхідності — обережно протерти оптику м'якою серветкою.

Недотримання цих правил може призвести до поломки приладу або суттєвих помилок у вимірюваннях.

3. БУДОВА ТЕХНІЧНИХ ТЕОДОЛІТІВ І ВІДЛІКОВІ ПРИСТРОЇ

Завдання:

1. Вивчити і замалювати будову технічних теодолітів.
2. Вивчити і замалювати будову штатива.
3. Вивчити правила поводження і транспортування оптичних теодолітів.
4. Провести перевірку штатива.
5. Провести перевірку бусолі.
6. Вивчити і замалювати відліковий пристрій теодоліта. Навчитись відлічувати вертикальний і горизонтальний круги.
7. Вивчити і замалювати схему технічного теодоліта типу Т30.

Матеріали та обладнання: теодоліти; методички; навчальні посібники.

Пояснювальний матеріал

Оптичний теодоліт Т30 використовують для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, для вимірювання відстаней нитковим віддалеміром зорової труби, а також визначення магнетних азимутів за допомогою орієнтир-бусолі та для нівелювання горизонтальним променем.

Т30 - технічний, повторювальний, з одноканальною системою відлічування лімба. Він належить до кутомірних приладів технічної точності. Середня помилка виміру кута повним прийомом складає 30". Теодоліт зручний для роботи у важкодоступних і гірських районах.

Для вимірювання кута напрями, які виходять з його вершин, проєктуються на горизонтальну площину. Для виміру градусної величини кута уявимо в його вершині горизонтальний круг або транспорир, поділений на градуси. Прямовисні площини, які проходять через сторони двогранного кута, відмітять на цьому крузі дугу, яка буде мірою центрального кута. Такий прозорий скляний

круг, розбитий у градусній величині і оцифрований через 1° , у теодоліті має назву лімба (рис. 6).

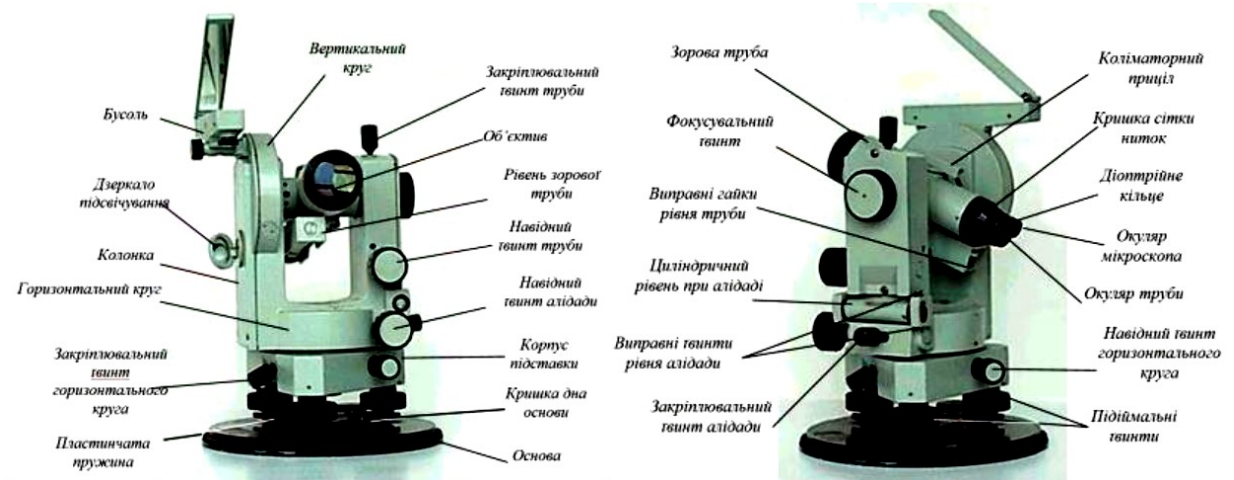


Рисунок 6 -. Теодоліт 2Т30

Під час вимірювання кута лімба повинен бути нерухомим. Для відлічування на лімбі горизонтальних проєкцій сторін кута над лімбом співвісно з ним обертається другий скляний круг, який має назву алідади.

Теодоліт сконструйований так, що горизонтальний круг і алідада можуть обертатися незалежно. Це дає змогу вимірювати горизонтальні кути як способами прийомів, так і повторень.

Для проєктування напрямів на площину горизонтального круга служить зорова труба, яка обертається разом з алідадою навколо вертикальної осі.

При лімбі, алідаді та зоровій трубі є закріпні гвинти для фіксації тієї чи іншої частини приладу нерухомо та навідні для точного наведення. Лімба та алідаду можна переміщати незалежно одне від одного навколо вертикальної осі.

Зображення поділок лімба передається через оптичну систему в поле зору окуляра відлікового пристрою, який розташований поруч з окуляром зорової труби.

Теодоліт має металеву підставку, на якій прикріплено теодоліт з підймальними гвинтами. Одночасно підставка служить дном футляра. У підставці є отвір для станового гвинта.

Прилад встановлюється в робоче положення за допомогою циліндричного рівня та підймальних гвинтів корпусу підставки.

Встановлення чіткого зображення предмета спостережень здійснюється за допомогою фіксувального гвинта (кремальєри).

Оскільки теодоліт центром має встановлюватись у вершині вимірюваного кута, то для його встановлення має бути штатив і висок або оптичний центрир. Теодоліт кріпиться до штатива становим гвинтом.

Оптичний теодоліт 2Т30 (рис. 6) сконструйовано на основі Т30, і відрізняється він від базового тим, що має рівень на зоровій трубці та іншим відліковим пристроєм. Підставка теодоліта з трьома підймальними гвинтами за допомогою пластинчастої пружини з'єднана з круглою основою, яка одночасно є дном пакувального футляра. Теодоліт установлюють основою на головку штатива і закріплюють становим гвинтом, який вкручується у пластинчасту пружину. Становий гвинт має гачок для ниткового виска.

Оптичний теодоліт 4Т30П - технічний теодоліт (рис. 7), який випускають на основі 2Т30.

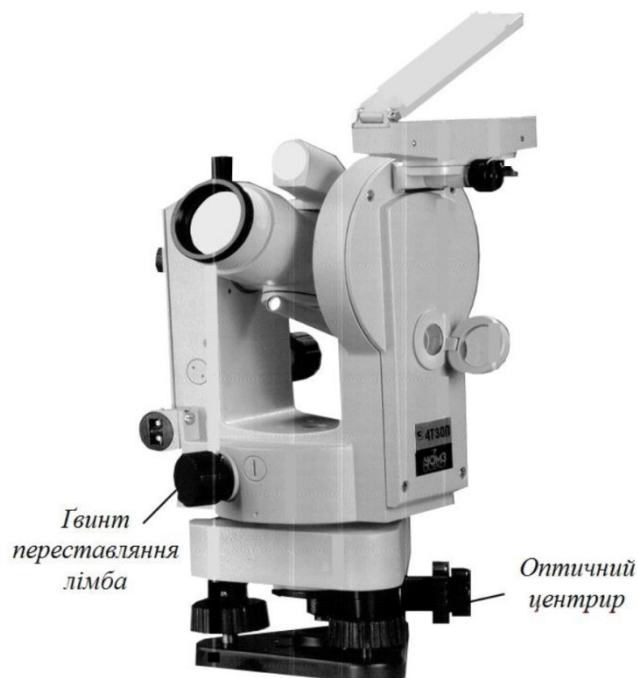


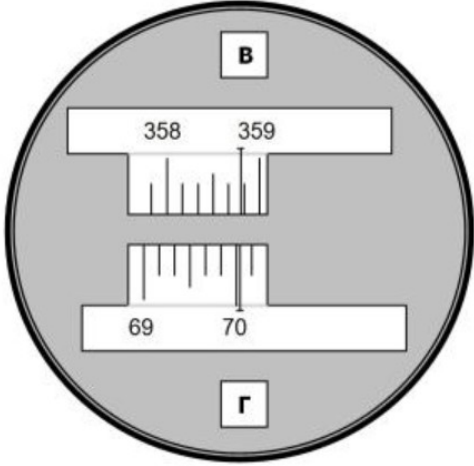
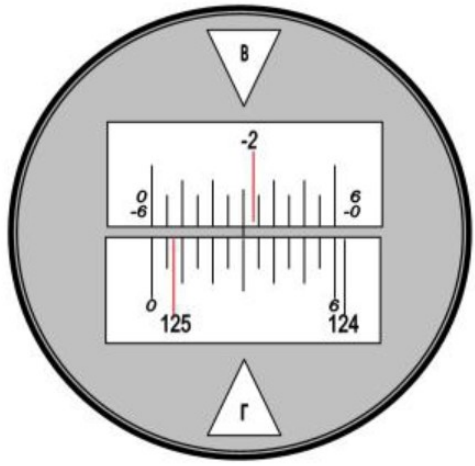
Рисунок 7 - Теодоліт 4Т30П

Відрізняється від базового тим, що підставка теодоліта знімна. Це дозволяє використовувати теодоліт для вимірювань у триштативній системі. На підставці

Освітлюють лімби за допомогою відкидного дзеркала підсвітки, повертаючи яке, спрямовують промені світла на ілюмінатор, який є початком світлового каналу. Далі промені проходять через ВК і призмою спрямовуються на ГК. Система лінз і призм у площині зображень дає змогу побудувати зображення штрихів поділок ГК, ВК і відлікового індексу (штриха). Ці зображення розглядають за допомогою окуляра мікроскопа, обертанням діоптрійного кільця якого домагаються чіткого бачення штрихів.

У полі зору відлікового мікроскопа теодоліта Т30 (рис. 9) видно: оцифровані штрихи цілих градусів, штрихи десятимінутних інтервалів (найменша поділка), штрихи відлікових індексів і позначення горизонтального (Г) і вертикального (В) кругів. Відлік горизонтального круга дорівнює $70^{\circ}02'$, а вертикального круга - $358^{\circ}48'$. Десяті частки найменшої поділки, що дорівнюють у наведених відліках 0,2 і 0,8 поділки, оцінюють на око з похибкою, що дорівнює 0,1 поділки, тобто $1'$.

Теодоліт 2Т30 має відліковий пристрій, який називають шкаловим мікроскопом (рис. 10) з ціною найменшої поділки $5'$. Лімб вертикального круга оцифровано від 0° до 75° і від -0° до -75° , тому він має подвійне оцифрування відлікової шкали - без знака та із знаком мінус. Відповідним оцифруванням користуються відповідно до знака градусів.

	
<p>Рисунок 9 - Поле зору відлікового (штрихового) мікроскопа теодоліта Т30. Відліки: горизонтального круга – $70^{\circ}02'$; вертикального круга – $358^{\circ}48'$</p>	<p>Рисунок 10 - Поле зору відлікового (шкалового) мікроскопа теодоліта 2Т30. Відліки: горизонтального круга – $125^{\circ}07,0'$; вертикального круга – $2^{\circ}26,5'$.</p>

Якщо в полі зору мікроскопа перед числом градусів стоїть знак мінус, то шкалу відлічують від - 0 до - 6. Відлічування виконують від 0 штриха шкали до перетину відлікової шкали штрихом відповідного градуса. Точність відлічування 0,5' (0,1 найменшої поділки). Відлік горизонтального круга $125^{\circ}07,0'$ складається з (125°) - поділка лімба; $07' = 1$ поділка шкали $\times 5'$ (ціна найменшої поділки шкали); $2' = 4$ частки (уся найменша поділка шкали має 10 часток) $\times 0,5'$ (0,1 - частина найменшої поділки шкали). Аналогічно для вертикального круга - ($-2^{\circ}26,5'$) = $-2^{\circ} + (5$ поділок шкали $\times 5')$ + (3 частки поділки шкали $\times 0,5'$).

Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 4Т30П подано на рис. 11.

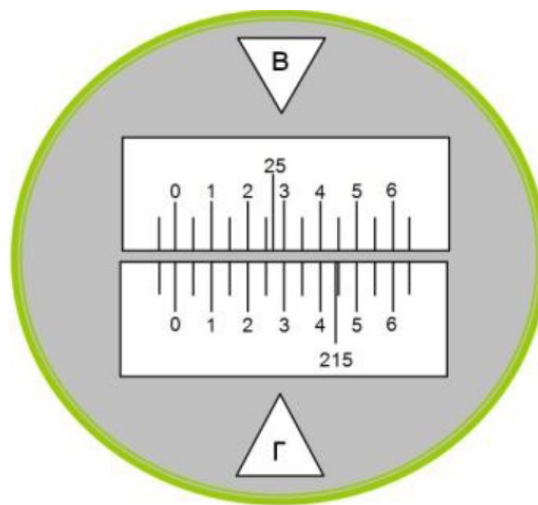


Рисунок 11 -. Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 4Т-30П.

Відліки: горизонтального круга - $215^{\circ}44,0'$; вертикального круга - $25^{\circ}26,5'$.

Бусоль

До стандартної комплектації теодоліта належить бусоль (рис. 12).



Рисунок 12 - Бусоль

Бусоль призначена для вимірювання магнітних азимутів. Під час роботи її встановлюють у напрямі, що є на колонці теодоліта, і закріплюють гвинтом.

Перевірка бусолі

1. Стрілка бусолі має бути добре намагніченою і мати достатню чутливість.

Установлюють бусоль на теодоліт і відкріплюють її Гвинт гамівника. Обертають алідадну частину теодоліта доти, доки кінці стрілок збігатимуться з рисками на корпусі бусолі. Закріплюють алідаду і її навідним Гвинтом, точно суміщають стрілку з рисками. Відлічують горизонтальний круг теодоліта. Виводять стрілку з рівноваги залізним предметом і знову навідним гвинтом алідади суміщають кінці стрілки з рисками. Відлічують горизонтальний круг. Якщо відліки різняться більше ніж на 30', то бусоль здають у майстерню.

2. Кінці стрілки бусолі мають лежати в площині рисок корпусу. Якщо умова не виконується, то пересувають тягарець, який прикріплено до одного з кінців стрілки на потрібну величину.

3. Магнітна стрілка бусолі не повинна мати ексцентриситету. Обидва кінці стрілки одночасно мають збігатися з відліковими рисками. Якщо вони не збігаються більше, ніж наполовину ширини риси, то стрілку вигинають у майстерні на потрібну величину.

Для вимірювання магнітного азимута відкріплюють алідаду і встановлюють відлік 0°00'. Алідаду закріплюють, залишаючи незакріпленим гвинт горизонтального круга. Відкріплюють гвинт гамівника бусолі. Обертають теодоліт до суміщення стрілки бусолі з відліковими рисками бусолі. Закріплюють горизонтальний круг і його навідним гвинтом точно суміщають стрілку із рисками. Відкріплюють алідаду і, обертаючи її за годинниковою стрілкою, спрямовують трубу на спостережуваний предмет, азимут на який треба визначити. Закріплюють алідаду і її навідним гвинтом точно, центром сітки ниток, візують на спостережуваний предмет. Відлік горизонтального круга і буде значенням магнітного азимута.

Штатив

Штатив (рис. 13) використовують для закріплення на ньому геодезичних приладів, зокрема теодоліта.



Рисунок 13 – Штатив

У верхній частині штатива розташована металева площадка, яку називають головою штатива. Посередині головка має отвір для станового гвинта, що закріплює теодоліт на штативі. З головою з'єднані прогоничами нерозсувні (сталої довжини) і розсувні (змінної довжини) ніжки, які скріплюються гвинтами. Переносять штатив за допомогою паска. Під час перенесення штатива його ніжки складають разом і скріплюють призначеним для цього іншим паском. У нижній загостреній частині ніжок є підп'ятники, за допомогою яких наконечники ніжок втискають у ґрунт для надання штативу стійкості. Розсувними ніжками можна регулювати висоту штатива. Є також штативи з нерозсувними ніжками. Висоту їх головки над поверхнею землі можна змінювати обмежено, але вони стійкіші. Металеві штативи використовують для робіт технічної точності, тому

що вони піддаються температурним скрутам значно більше, ніж дерев'яні. Для нормального функціонування штатива його перевіряють.

Умова. Штатив має забезпечувати незмінність положення теодоліта під час вимірювань.

Візорні цілі



Рисунок 14 - Віха

Для перевірки цієї умови на штатив установлюють теодоліт. Сітку ниток зорової труби теодоліта спрямовують на точку і прикладають незначні бокові зусилля до головки штатива. Після зняття зусилля сітка ниток має повернутися на спостережувану точку. Допуск - товщина штриха сітки. У разі потреби усувають причини ненадійного скріплення ніжок із наконечниками та головкою штатива. Для цього закручують гвинти, якими вони скріплені.

Оскільки безпосереднє візування на точку, закріплену у ґрунті знаком, зазвичай ускладнене через рослинність і рельєф, над знаком установлюють візорні цілі у вигляді віх (рис. 14), шпильок або спеціальних пристроїв - візорних марок.

Віха - дерев'яна або металева жердина завдовжки близько 2 м, з одного боку загострена; дерев'яна тичка завершується металевим наконечником. Віха розфарбована через рівні проміжки білою і червоною (білою і чорною) фарбами. Віху встановлюють на точці (геодезичному знаку), безпосередньо суміщаючи її загострений кінець із центром знака. Прямовисність установлених віх перевіряють вертикальною ниткою труби теодоліта. Центр сітки ниток труби під час вимірювань суміщають із найнижчою видимою частиною віхи.

Шпильки установлюють, так само, як віхи, під час вимірювання кутів із короткими сторонами. Вістря шпильки суміщають із центром знака, а їхню прямовисність перевіряють вертикальною ниткою сітки труби.

Порядок виконання роботи:

1. Отримати теодоліт і штатив.
2. Встановити штатив. Розставити ніжки і підняти їх на необхідну висоту. Верхня частина головки штатива повинна бути горизонтальна.
3. Вийняти з футляра теодоліт, запам'ятавши його розташування і закріпити його за допомогою станового гвинта на штативі.
4. Оглянути теодоліт. Попустити закріплювальні гвинти.
5. Встановити в середнє положення закріпні гвинти навідними гвинтами.
6. Вивчити і замалювати будову теодоліта.
7. Привести теодоліт у робочий стан.
8. Вивчити перевірку штатива.
9. Прикріпити до теодоліта бусоль і перевірити її.
10. Закріпити закріплювальний гвинт горизонтального круга (лімба).
11. Відкріпити закріплюючий гвинт алідади і за допомогою коліаторного прицілу навістись теодолітом на вибрану ціль (допомогтись чіткого зображення сітки ниток і предмета).
12. Закріпити закріплювальні гвинти алідади і труби та за допомогою їх навідних гвинтів провести точне наведення вертикального штриха сітки ниток на вибрану візирну ціль.
13. Спрямувати світло в оптичну систему теодоліта за допомогою дзеркальця підсвічування і замалювати поле зору відлікового мікроскопа.
14. Навчитись відлічувати вертикальний і горизонтальний круги теодоліта.
15. Від'єднати теодоліт від штатива та правильно спакувати його в футляр і закрити.
16. Зібрати штатив.
17. Здати прилади на зберігання.
18. Оформити результати лабораторної роботи в лабораторному зошиті.

Питання для самоконтролю:

1. Призначення теодолітів згідно з ДСТУ.
2. Принцип вимірювання горизонтального кута.
3. Будова теодоліта типу Т30.
4. Призначення і перевірка бусолі.
5. Будова та перевірка штатива.
6. Візирні цілі.
7. Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта Т30.
8. Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 2Т30.
9. Основні осі теодоліта.
10. Визначення осі циліндричного рівня.
11. Визначення осі сферичного рівня.
12. Визначення візирної осі.
13. Визначення візирного променя.
14. Визначення вертикальної осі обертання теодоліта.
15. Визначення горизонтальної осі обертання теодоліта.
16. Точність відлічування відлікових мікроскопів.

4. ПЕРЕВІРКА ТА ЮСТУВАННЯ ТЕОДОЛІТА ТИПУ Т30

Завдання:

1. Вивчити умови і порядок виконання перевірок. Занотувати їх в зошит.
2. Виконати перевірки підставки, перевірку алідади горизонтального круга, перевірку сітки ниток, перевірку перпендикулярності візирної осі до горизонтальної осі теодоліта, перевірку взаємної перпендикулярності горизонтальної і вертикальної осей теодоліта, перевірку місця нуля (М0) вертикального круга.

Матеріали та обладнання: теодоліти; методички; навчальні посібники

Пояснювальний матеріал

Якісне й своєчасне виконання геодезичних робіт залежить від справності приладу, тобто відповідності до вимог, які до нього висуваються. А тому перед виходом у поле їх обов'язково перевіряють і, якщо необхідно, юстують.

Дії, пов'язані з виявленням вимог, які ставляться до приладу, називають перевіркою, а дії, пов'язані з усуненням причин, які заважають дотриманню вимог, називають виправленням (юстуванням).

Перевірка підставки

Умова. *Підставка має забезпечувати незмінність положення теодоліта під час вимірювань.*

Перевірку виконують так само, як і для штатива, тільки теодоліт встановлюють на стовпі чи трубі. Зусилля прикладають (із закріпленими горизонтальним кругом і алідадою) до корпусу підставки. Після зняття зусилля сітка ниток має повернутися в початкове положення. Допуск - товщина штриха сітки. Виправляють регулюванням підіймальних гвинтів.

Умова. *Обертання підіймальних гвинтів у підставці має бути плавним; хитання гвинтів - недопустиме.*

Щоб виконати юстування, головку підіймального гвинта обертають доти, доки отвір у його кожусі буде збігатися з отвором у регулювальній гайці. Для виправлення установлюють шпильку в ці отвори і, обертаючи шпилькою

регулювальну гайку разом із кожухом головки, усувають хитання гвинтів та домагаються однакових зусиль обертання у всіх підймальних гвинтах.

Перевірка геометричних умов теодоліта

1. Перевірка рівня алідади горизонтального круга

Умова. Вісь циліндричного рівня має бути перпендикулярна до вертикальної осі приладу, тобто $UU' \perp ZZ'$.

Рівень установлюють паралельно до напрямку двох підймальних гвинтів (рис. 15, а) і, обертаючи їх у різні боки, виводять бульбашку рівня на середину. Бульбашка буде рухатися у напрямі, вказаному на рисунку стрілкою, якщо підймальні гвинти обертати так, як вказано на рисунку.

Обернувши алідаду на 90° , встановлюють рівень у напрямі третього підймального гвинта (рис. 15, б) і, обертаючи його, установлюють бульбашку рівня на середину. Після цього приступають до безпосередньої перевірки рівня.

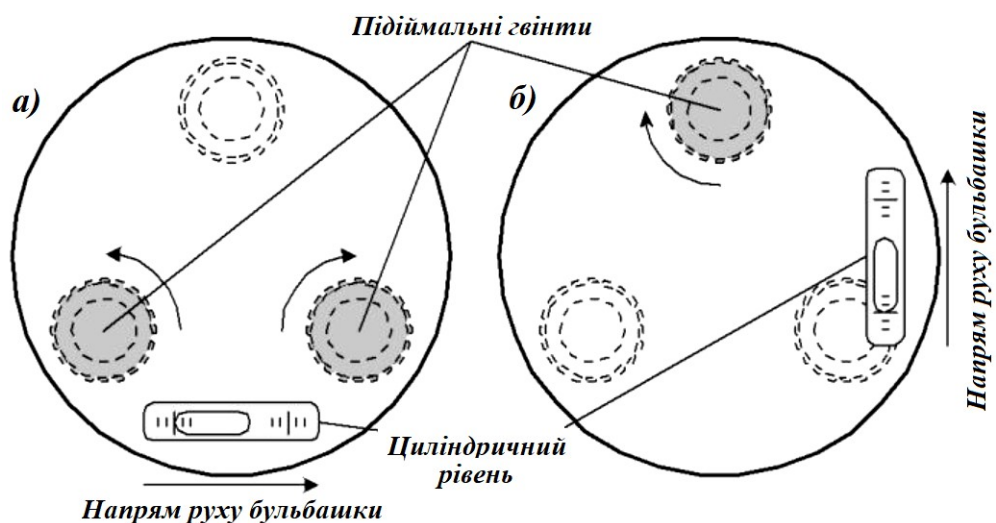


Рисунок 15 - Перевірка циліндричного рівня теодоліта.

Рівень установлюють у напрямі двох підймальних гвинтів, відлічують горизонтальний круг і діями, описаними вище, встановлюють бульбашку рівня ще раз на середину. Обертають алідаду на 180° ; якщо бульбашка рівня залишилася на середині, то умова виконується. Допустиме відхилення бульбашки від нуля-пункту - 0,2 поділки рівня. Якщо бульбашка відхилилася від

середини (наприклад, на 4 поділки), то виправними гвинтами рівня переміщують бульбашку рівня до середини на половину дуги відхилення (2 поділки). Перевірку повторюють кілька разів.

2. Перевірка сітки ниток

Умова. *Проекція вертикального штриха сітки ниток має бути прямовисна, якщо вертикальна вісь теодоліта прямовисна.*

Установлюють вертикальну вісь обертання теодоліта прямовисно. На віддалі 10-15 м, у захищеному від вітру місці, чіпляють на тонкій нитці висок. Спрямовують трубу на нитку виска так, щоб верхній кінець штриха сітки ниток збігався з ниткою виска (рис. 16).

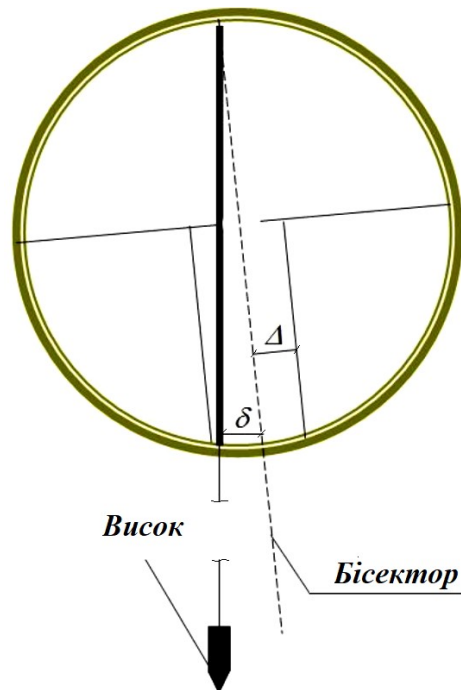


Рисунок 16. Перевірка вертикального штриха сітки ниток

Якщо вертикальний штрих сітки й бісектор збігаються з ниткою виска, то умова виконується. Якщо відхилення Δ більше ніж $1/3$ ширини між вертикальними штрихами (на рис. 16 відхилення дорівнює майже $1/2$ ширини між вертикальними штрихами), то відкріплюють гвинти, якими окуляр прикріплений до корпусу труби, і розвертають його до збігання штриха та бісектора з ниткою виска.

3. Перевірка перпендикулярності візирної осі до горизонтальної осі теодоліта

Кут ϵ між візирною віссю й перпендикуляром до горизонтальної осі теодоліта називають *колімаційною похибкою (колімацією)*. Якщо умова виконується, то ця похибка дорівнює нулеві.

Перевірка на колімацію зводиться до визначення кута ϵ та зведення його до допустимої величини. Допустима величина колімації для технічних теодолітів не має перевищувати подвійної точності відліку. Зокрема, для теодоліта 2Т30 колімаційна похибка ϵ не має перевищувати 1'.

Якщо теодоліт обернути до спостерігача окуляром і вертикальний круг буде розташований ліворуч від зорової труби, то відлікам приписують назву *КЛ*. Аналогічно, якщо круг розташований праворуч від труби, - *КП*.

Під час перевірки теодоліт приводять у робоче положення і спостерігають віддалену (на 1-2 км) розташовану на горизонті (приблизно на висоті приладу) точку. Відлічують горизонтальний круг *ГК* у положенні вертикального круга ліворуч – *КЛ₁*. Переводять трубу через зеніт, відкріплюють алідаду і, спрямувавши трубу на ту ж точку, відлічують (*ГК*) у положенні вертикального круга праворуч – *КП₁*. Відкріпивши закріплювальний гвинт горизонтального круга, обертають теодоліт приблизно на 180° і закріплюють вказаний гвинт. Теодоліти 4Т30П, 4Т30П10 обертають у підставці. Звільняють алідаду і знову спрямовують зорову трубу на вибрану точку в обох положеннях вертикального круга (праворуч і ліворуч) і відлічують горизонтальний круг відповідно *КП₂* і *КЛ₂*. Колімаційну похибку ϵ визначають за формулою:

$$\epsilon = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4} \quad (1)$$

Якщо обчислена колімаційна похибка більша за допустиму, то виконують виправлення. Для цього обчислюють виправлений відлік для того круга, який був останнім, за формулами:

$$КЛ_0 = КЛ_2 - \epsilon \quad КП_0 = КП_2 - \epsilon, \quad (2)$$

Округлюють його до 0,5' і встановлюють за допомогою навідного гвинта алідади. Сітка ниток після цієї дії зміститься зі спостережуваної точки. Послабивши один із вертикальних юстувальних гвинтів сітки, горизонтальними юстувальними гвинтами встановлюють центр сітки ниток на спостережувану точку.

Приклад: $KL_1 = 0^\circ 17,5'$; $KII_1 = 180^\circ 20,5'$; $KL_2 = 182^\circ 47,0'$; $KII_2 = 2^\circ 51,0'$;

$$c = \frac{(0^\circ 17,5' - 180^\circ 20,5' - 180^\circ) + (182^\circ 47,0' - 2^\circ 51,0' + 180^\circ)}{4} = -0^\circ 02,0'$$

За формулою (2) обчислюють:

$$KL_0 = 182^\circ 47,0' - (-0^\circ 02') = 182^\circ 49,0';$$

$$KII_0 = 2^\circ 51,0' + (-0^\circ 02,0') = 2^\circ 49,0'.$$

Після виправлення перевірку повторюють, а також ще раз перевіряють положення вертикального штриха сітки ниток.

4. Перевірка взаємної перпендикулярності горизонтальної і вертикальної осей теодоліта

Умова. *Горизонтальна вісь має бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання теодоліта, тобто $NN' \perp ZZ'$*

Щоб перевірити цю умову, теодоліт установлюють на відстані близько 20 м від будинку (рис. 17, а). Горизонтальну відстань S до стіни вимірюють з точністю 0,1 м. На стіні вибирають високорозташовану точку M так, щоб кут нахилу труби v під час візування на цю точку становив 20-30°.

Після ретельного приведення приладу у робоче положення спрямовують зорову трубу на обрану точку (наприклад $v = 30^\circ$). Нахилиють зорову трубу приблизно до горизонтального положення. У місці проєкції сітки ниток на стіну горизонтально встановлюють лінійку з міліметровими поділками (рис. 17, б) і відлічують на ній проєкцію вертикального штриха сітки ниток m_1 (наприклад, $m_1 = 74,5$ мм). Вимірюють відстань від горизонтальної осі обертання теодоліта до

лінійки з міліметровими поділками (наприклад, $S = 20,1$ м). Перевівши трубу через зеніт, знову візують на ту ж точку i , нахиливши трубу, відлічують на лінійці другу проєкцію m_2 (наприклад, $m_2 = 77,7$ мм) вертикального штриха сітки ниток.

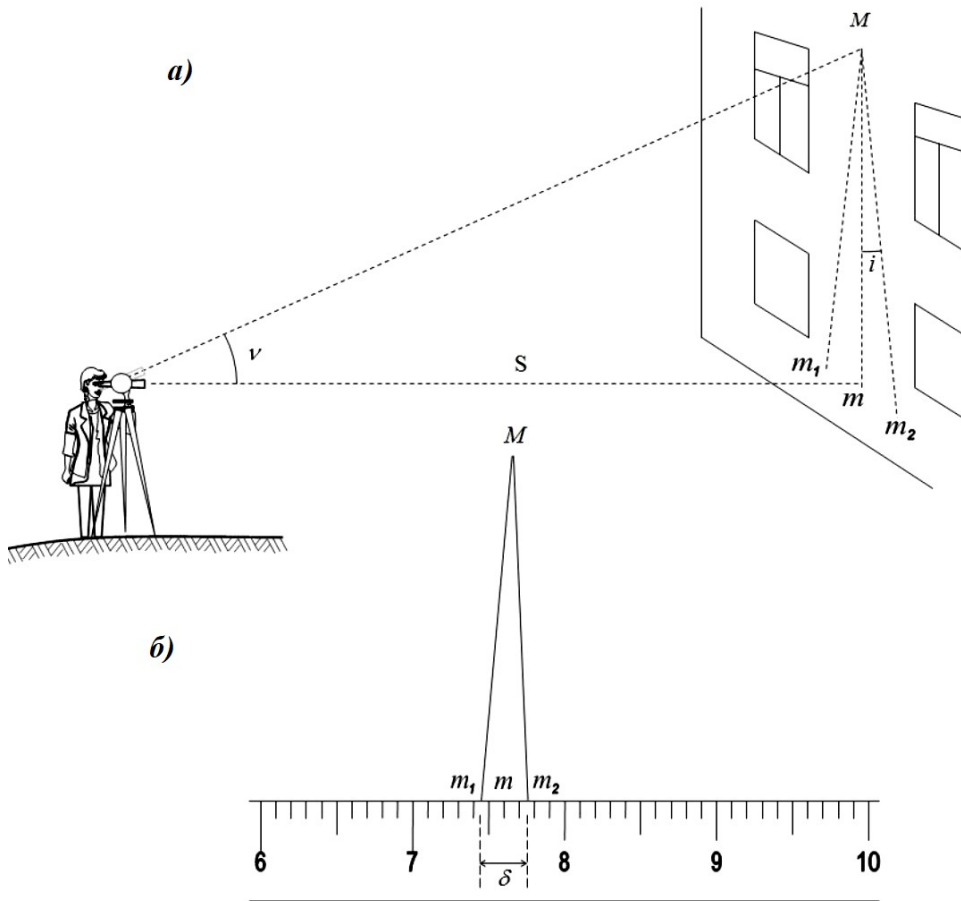


Рисунок 17 - До перевірки перпендикулярності горизонтальної і вертикальної осей теодоліта

Обчислюють величину не збігання проєкцій $\delta = m_2 - m_1$ (наприклад, $\delta = 77,7 - 74,5 = 3,2$ мм).

Формулу для обчислення кута $mMm_2 = i$ (неперпендикулярності осей) можна знайти із рис. 17: $Mm = S \times \text{tg } v$.

Оскільки кут i малий, то його можна обчислити:

$$i = \frac{\delta \times \rho}{2S \times \text{tg } v}, \quad (3)$$

де $\rho'' = 206265''$; $S = m_2 - m$.

Допустиме значення $i < 20''$.

Для вищенаведених даних $i = \frac{3,2 \times 206265}{2 \times 20100 \times \operatorname{tg} 30^\circ} = 28''$. Якщо кут i

перевищує допуск, то для виправлення, яке виконують у майстерні обертанням юстувального ексцентричного кільця горизонтальної осі, розташованого під кришкою колонки приладу, чинять так. Спрямовують центр сітки ниток на середнє значення відліку на лінійці $m = \left(\frac{77,7 + 74,5}{2} \right) \cong 76,1 \text{ мм}$. Обертають на потрібну величину юстувальне кільце і для контролю підіймають трубу. Сітка ниток має бути спрямована на спостережувану точку M .

Після виправлення перевірку повторюють, а також знову перевіряють колімаційну похибку.

5. Перевірка місця нуля (M_0) вертикального круга

Умова. Місце нуля (M_0) вертикального круга (BK) має бути сталим і близьким до $0^\circ 00'$.

Місце нуля необхідно знати для того, щоб отримувати величину кута нахилу з одного вимірювання вертикального круга.

Місцем нуля (для теодолітів без рівня при алідаді BK і з компенсатором) називають відлік вертикального круга, коли візирна вісь зорової труби горизонтальна, а вертикальна вісь обертання теодоліта прямовисна.

Місцем нуля (для теодолітів із рівнем при алідаді BK) називають відлік вертикального круга, коли візирна вісь зорової труби горизонтальна, а бульбашка рівня при алідаді BK знаходиться у нуль-пункті.

У добре від'юстованому приладі місце нуля має бути близьким до 0° . Якщо M_0 відрізняється від нуля, то його враховують під час визначення кутів нахилу v . Для зручності обчислень M_0 зводять до значення, близького до нуля. Наприклад, $M_0 = 00^\circ 01'$ або $M_0 = 00^\circ 02'$, відповідно для теодолітів 2Т30 і Т30.

Розрахункові формули для обчислення $M0$ та вертикальних кутів завжди подаються у паспортах і залежать від типу оцифрування та основного положення BK - праворуч $KП$ чи ліворуч $KЛ$.

Якщо основним положенням приладу є круг ліворуч $KЛ$, а лімб BK оцифровано у різні боки з плюсом і мінусом, як у теодоліті 2Т-30, то розрахункові формули мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} M0 &= \frac{KЛ + KП}{2}; \nu = KЛ - M0; \\ \nu &= M0 - KП; \nu = \frac{KЛ - KП}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

Для інших типів теодолітів, де основний круг також ліворуч (наприклад, Т30), користуються цими ж формулами, тільки до відліків, менших за 90° , додають 360° , а до відліків, менших за 180° і більших за 90° , додають 180° .

Визначають ν за однією з формул, а іншими користуються для контролю.

Приклад 1. Відлік BK (2Т30) $KЛ = 3^\circ 29,0'$, а $KП = -3^\circ 23,0'$.

$$M0 = \frac{3^\circ 29,0' + (-3^\circ 23,0')}{2} = +0^\circ 03'; \nu = 3^\circ 29' - 0^\circ 03' = 3^\circ 26'$$

Контроль:

$$\nu = 0^\circ 03' - (-3^\circ 23') = 3^\circ 26'; \nu = \frac{3^\circ 29' - (-3^\circ 23')}{2} = 3^\circ 26'$$

Приклад 2. Відлік BK (Т30) $KЛ = 3^\circ 29'$, а $KП = -176^\circ 37'$.

$$M0 = \frac{3^\circ 29' + 360^\circ + 176^\circ 37' + 180^\circ}{2} = 360^\circ 03' = +0^\circ 03';$$

$$\nu = 3^\circ 29' + 360^\circ - 360^\circ 03' = +3^\circ 26'.$$

Контроль:

$$\nu = 360^\circ 03' - (176^\circ 37' + 180^\circ) = +3^\circ 26';$$

$$\nu = \frac{3^{\circ}29' + 360^{\circ} - (176^{\circ}37' + 180^{\circ})}{2} = 3^{\circ}26'.$$

Одним із контролів якості вимірювання кутів нахилу є сталість $M0$. Коливання його величини під час вимірювань на одній станції не має перевищувати подвійної точності відлікового пристрою теодоліта. Величина $M0$ не впливає на результати вимірювань, але зручніше, коли воно близьке до 0° .

Виправлення $M0$ до значення, близького до нуля, виконують наступним чином:

Для теодолітів без рівня при алідаді вертикального круга. Для визначення $M0$ теодоліт приводять у робоче положення. Вибирають чітко видну точку і візують на неї при одному з кругів. Підіймальним гвинтом підставки, який найближче розташований до візирної площини, встановлюють бульбашку рівня при алідаді горизонтального круга на середину і тоді ще раз навідним гвинтом труби спрямовують її на точку. Аналогічно діють у другому положенні круга. Відлічують BK у двох його положеннях - KL і $KП$.

Обчислюють величину $M0$ і якщо необхідно, то виправляють його.

Для теодолітів із рівнем при алідаді вертикального круга. Для визначення $M0$ теодоліт приводять у робоче положення. Вибирають чітко видну точку і візують на неї при одному з кругів. Приводять бульбашку рівня при алідаді вертикального круга на середину і відлічують вертикальний круг, наприклад, KL . Переводять трубу через зеніт і візують на цю ж точку при іншому крузі. Знову приводять бульбашку рівня при алідаді вертикального круга на середину і відлічують вертикальний круг - $KП$.

Обчислюють величину $M0$ і якщо необхідно, то виправляють його.

Приклад:

Для теодолітів без рівня при алідаді вертикального круга. Труба спрямована на спостережувану точку, а бульбашка рівня при алідаді горизонтального круга знаходиться на середині. Навідним гвинтом труби встановлюють обчислений правильний відлік на вертикальному крузі.

Для вищеподаного прикладу 1, (теодоліт 2Т-30):

$$KL_{\text{вірний}} = KL - M0 = 3^{\circ}29,0' - 0^{\circ}03,0' = 3^{\circ}26,0';$$

$$KП_{\text{вірний}} = KП - M0 = -3^{\circ}23,0' - 0^{\circ}03,0' = -3^{\circ}26,0'.$$

(5)

Для вищеподаного прикладу 2, (теодоліт Т30):

$$KL_{\text{вірний}} = KL - M0 = 3^{\circ}29' - 0^{\circ}03' = 3^{\circ}26'$$

$$KP_{\text{вірний}} = KP - M0 = 176^{\circ}37' - 0^{\circ}03' = 176^{\circ}34'$$

(6)

Сітка ниток зійде зі спостережуваної точки. Відпускають один із бокових гвинтів і, діючи вертикальними виправними гвинтами сітки ниток, горизонтальну нитку суміщають із спостережуваною точкою. Після закріплення сітки вимірювання і обчислення повторюють, а також повторюють перевірку сітки ниток та візирної осі на колімацію.

Для теодолітів із рівнем при алідаді вертикального круга. Обчислюють правильний відлік для будь-якого з кругів:

$$KL_{\text{вірний}} = KL - M0, \quad KP_{\text{вірний}} = KP - M0. \quad (6)$$

Нагадуємо, що труба спрямована на спостережувану точку. Тоді навідним гвинтом рівня при алідаді вертикального круга встановлюють правильний відлік. Бульбашка рівня зійде із середини. Виправними гвинтами рівня приводять її на середину. Після виправлення рівня перевірку повторюємо.

6. Перевірка коліматорного прицілу

Умова. Візирна вісь коліматорного прицілу має бути паралельна до візирної осі зорової труби (рис. 18).

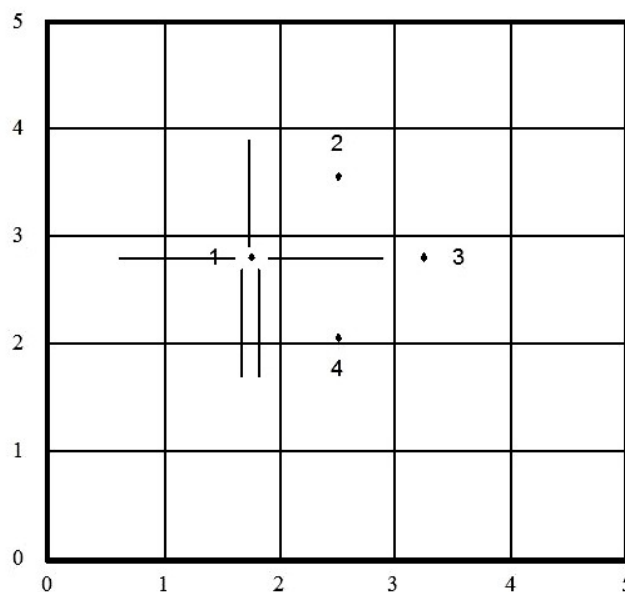


Рисунок 18 - Перевірка збігання візирної та вертикальної осей

Спрямовують сітку ниток труби на чітко видну неозброєним оком точку, розташовану на відстані близько 150 м. Світле перехрестя прицілу має потрапляти на спостережувану точку. Якщо перехрестя прицілу не збігається зі спостережуваною точкою, то попускають гвинти, якими приціл прикріплений до труби, повертають його у вертикальній та горизонтальній площинах до збігання з точкою. Якщо потрібно, то під корпус прицілу підкладають фольгу і згадані гвинти закріплюють.

7. Перевірка збігання візирної осі з вертикальною віссю обертання приладу

Умова. *Якщо відлік вертикального круга дорівнює M_0 (місцю нуля), то візирна вісь має збігатися з вертикальною віссю.*

Приводять теодоліт у робоче положення. Установлюють відлік на вертикальному крузі ($-90^\circ - M_0$). Якщо $M_0 < 1'$, то його величиною нехтують, й встановлюють відлік (-90°). В місці проєкції центра сітки ниток на землю розміщують міліметровий папір. Обертають алідадну частину теодоліта послідовно на 90° і відлічують міліметрову сітку. Якщо діаметрально протилежні відліки міліметрової сітки відрізняються між собою менше ніж на 2 мм, то перевірка виконується. Якщо відхилення більше, то несправність виправляють пересуванням сітки ниток.

Увага! *Пересування сітки ниток спричинить зміну інших умов.*

Приклад. $M_0 = -0^\circ 04'$. Установлюємо на вертикальному крузі відлік $-90^\circ - 0^\circ 04' = -90^\circ 04'$. Обертаємо алідадну частину теодоліта так, щоб штрихи сітки ниток приблизно збігалися з лініями міліметрового паперу (рис. 18).

Відлічуємо горизонтальний круг (**ГК**), наприклад 237° . Відлічуємо міліметрову сітку зліва направо, наприклад, $m_1 = 3,3$ мм (точка 1).

Встановлюємо на **ГК** відлік $237^\circ + 90^\circ = 327^\circ$ і знову відлічуємо міліметрову сітку знизу-догори, наприклад, $m_2 = 6,2$ мм (точка 2).

Встановлюємо відлік на горизонтальному крузі $327^\circ + 90^\circ = 57^\circ$ і знову відлічуємо міліметрову сітку зліва направо, наприклад, $m_3 = 5,2$ мм (точка 3).

Встановлюємо відлік на горизонтальному крузі $57^{\circ}+90^{\circ} = 147^{\circ}$ й відлічуємо знову міліметрову сітку знизу догори, наприклад, $t_4 = 4,6$ мм (точка 4).

Обчислюємо різницю діаметрально протилежних віддіків $m_3 - m_1 = 5,2 - 3,3 = 1,9$ мм, що менше допуску на 2 мм; $m_2 - m_4 = 6,2 - 4,6 = 1,8$ мм також менше допуску на 2 мм.

8. Перевірка оптичного центра (для теодоліта 4Т30)

Умова. Візирна вісь оптичного центра має збігатися з вертикальною віссю теодоліта.

Для теодолітів 4Т30П (4Т30П10), приводять теодоліт у робочий стан. На відстані 2-3 метри від теодоліта забивають кілочок і на ньому у місці проєкції центра сітки ниток зорової труби встановлюють голку (рис. 19).

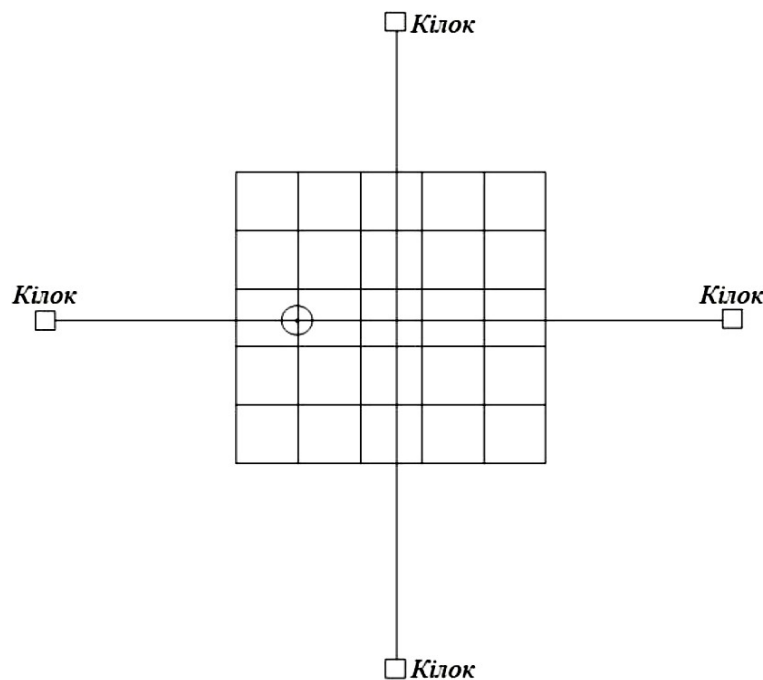


Рисунок 19 - Перевірка оптичного центра

Обертають трубу теодоліта через зеніт і на протилежному боці теодоліта так само забивають кілок, на ньому також встановлюють голку. Натягують між голками нитку. Обертають алідадну частину теодоліта на 90° і так, як описано вище, знову натягують нитку між іншими двома кілочками. Якщо центр сітки ниток центра проєктується на точку перетину ниток, то перевірка виконується.

Якщо ні, то у місці проєкції центра сітки ниток оптичного центрира на землю установлюють міліметровий папір і на ньому відлічують розходження між центром сітки ниток центрира і перетином ниток. Допуск - 2 мм. Якщо відхилення більше, то несправність можна виправити пересуванням сітки ниток оптичного центрира до її збігання з перетином натягнутих ниток.

9. Перевірка рівня при зоровій трубі

Умова. Вісь циліндричного рівня при трубі має бути паралельна до візирної осі.

Перевірку виконують так само, як основну перевірку у нівелірах (рис. 20). Для перевірки на місцевості закріплюють дві точки А і В на відстані приблизно 70 метрів.

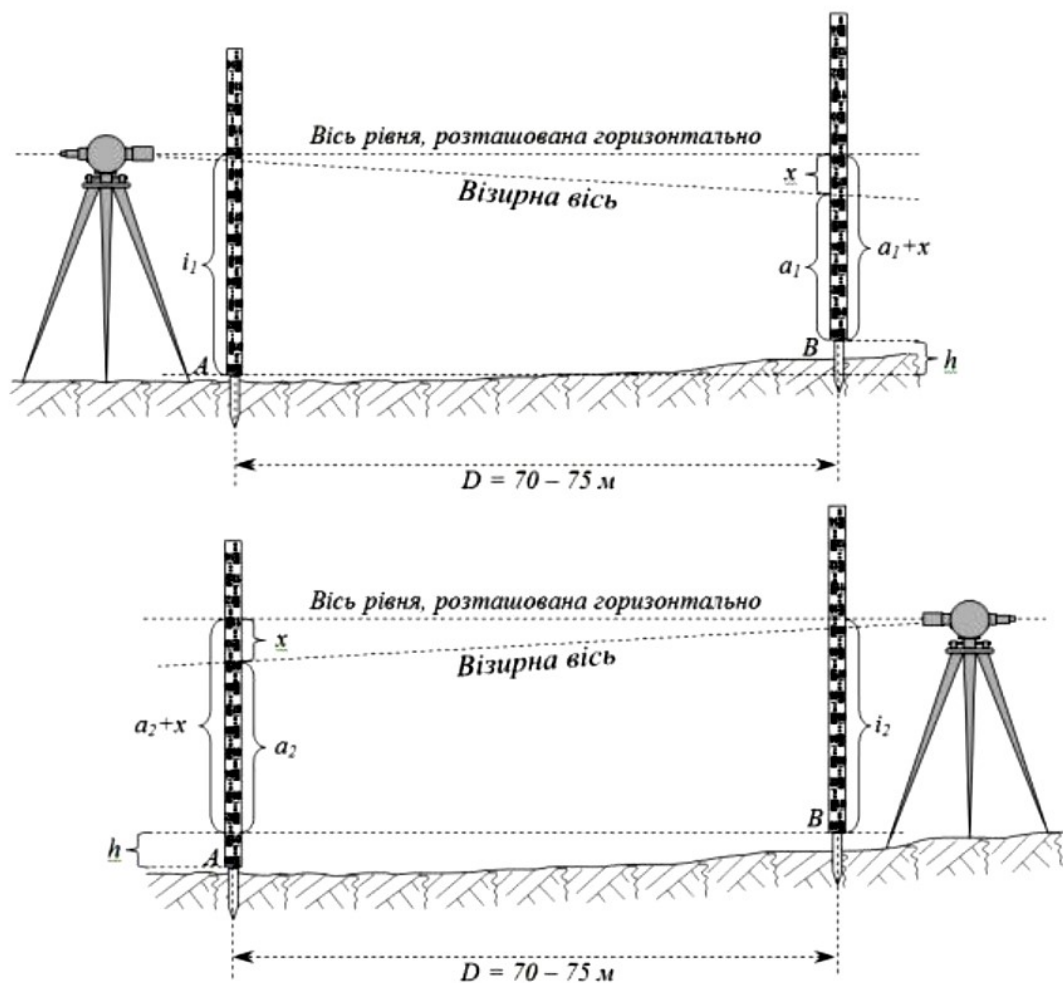


Рисунок 20 - Перевірка циліндричного рівня зорової труби

Теодоліт установлюють на відстані 2-3 м від точки **A**, приводять його в робочий стан. Спрямовують трубу на чорну шкалу ближньої рейки, що установлена на точці **A**. Навідним гвинтом зорової труби приводять бульбашку циліндричного рівня на середину і відлічують її – i_1 . Тоді трубу спрямовують на чорну шкалу другої рейки, що встановлена на точці **B**. Навідним гвинтом зорової труби приводять бульбашку її циліндричного рівня на середину і також відлічують її – a_1 . У випадку непаралельності осі рівня та візирної осі, відлік рейки a_1 буде помилковим на величину x і правильне перевищення дорівнюватиме:

$$h = i_1 - (a_1 + x). \quad (7)$$

Тоді теодоліт встановлюють на відстані 2-3 м від точки **B**, приводять його в робочий стан. Навідним гвинтом зорової труби приводять бульбашку її циліндричного рівня на середину і відлічують чорну шкалу рейки a_2 , що розташована на точці **A**. Тоді трубу спрямовують на другу рейку, що стоїть на точці **B**, навідним гвинтом зорової труби приводять бульбашку її циліндричного рівня на середину і відлічують також чорну шкалу цієї рейки i_2 . Знову обчислюють перевищення між точками **A** і **B**:

$$h = (a_2 + x) - i_2. \quad (8)$$

Прирівнявши праві частини рівнянь (5) і (6), отримують величину x похибки, що спричинена непаралельністю осі рівня та візирної осі:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2}. \quad (9)$$

Тоді обчислюють кут непаралельності осі рівня і візирної осі:

$$i'' = \frac{x}{D} \rho, \quad (10)$$

де ρ - 206265'.

Якщо $i \leq 10''$, то умова відповідає вимогам. Якщо $i > 10''$, то навідним гвинтом труби спрямовують середню нитку на відлік рейки a , що дорівнює:

$$a = a_2 + x. \quad (11)$$

Бульбашка циліндричного рівня зійде зі середини. Її приводять на середину виправними гайками рівня. Для цього попускають одну з виправних гайок і другою установлюють бульбашку рівня на середину. Гайки закріплюють. Після виправлення перевірку повторюють.

Приклад. Відстані між рейками 70 метрів. Відліки з першої станції: $i_1 = 1250$, $a_1 = 1642$. Відліки з другої станції: $i_2 = 1302$, $a_2 = 0926$. Обчислюємо величину непаралельності осей:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{1250 + 1302}{2} - \frac{1642 + 0926}{2} = -8 \text{ мм}$$

Обчислюємо кут непаралельності осі рівня і візирної осі:

$$i'' = \frac{8 \text{ мм}}{7000} \times 206265 = -23''.$$

Оскільки величина непаралельності перевищує допустиму 10'', виконуємо виправлення. Для цього обчислюємо правильний відлік:

$$a = a_2 + x = 0926 - 8 \text{ мм} = 0918.$$

Навідним гвинтом труби спрямовують середню нитку на відлік рейки а і виправними гайками приводять бульбашку рівня на середину.

Питання для самоконтролю:

1. Основні осі теодоліта.
2. Основні геометричні умови.
3. Перевірка теодоліта типу Т30. Дати визначення перевірок.
4. Перевірка встановлення сітки ниток теодоліта.
5. Перевірка встановлення циліндричного рівня теодоліта.
6. Перевірка теодоліта на колімацію візирної осі труби.
7. Перевірка перпендикулярності горизонтальної та вертикальної осей теодоліта.

5. РОБОТА З ТЕОДОЛІТОМ НА СТАНЦІЇ

Завдання:

1. Навчитись центрувати теодоліт над точкою спостереження нитковим виском і оптичним центриром.
2. Навчитись порядку на станції під час вимірювання горизонтального кута способом прийомів.
3. Виконати вимірювання горизонтального кута одним прийомом.

Матеріали та обладнання: теодоліти; візирні цілі (тички, шпильки); бланки журналів вимірювання горизонтальних кутів (контурне знімання); методички; навчальні посібники.

Пояснювальний матеріал

Центрування теодолітів

а) *нитковим виском.* Установлюють штатив з теодолітом приблизно над точкою центрування. Для цього, утримуючи в руках дві ніжки штатива, встромляють третю його ніжку в землю і змінюють положення штатива так, щоб вістря підчепленого виска розташувалося поблизу (до 2 см) від точки центрування. Головка штатива має бути приблизно в горизонтальному положенні, а теодоліт знаходиться на зручній для роботи висоті (рис. 21).

Досягнувши такого положення, ніжки, що знаходяться в руках, одночасно опускають на землю. Заспокоївши висок, натискають ногою на підп'ятники ніжок з таким розрахунком, щоби висок точніше установився над точкою, а штатив став стійким.

Довжину нитки виска регулюють так, щоб вістря виска знаходилося безпосередньо над точкою центрування.

Попустивши становий гвинт, остаточно центрують теодоліт переміщенням його на головці штатива (у межах отвору головки штатива). Точно сумістивши вістря виска з точкою центрування і притримуючи теодоліт за підставку, закручують становий гвинт.

Для зручності користування нитковий висок потрібно належно підготувати до роботи. Для цього беруть нитку (надійніше жилку) довжиною приблизно 2 м, один її кінець прикріплюють до вантажу і закріплюють його там. Інший кінець

протягують через два отвори металевої або пластикової планки і закріплюють його до верхнього отвору планки. Утвореною петлею чіпляють нитку виска до гачка на становому гвинті штатива. Переміщенням планки вздовж нитки легко і зручно встановлювати вістря виска над точкою центрування на потрібній вертикальній відстані до неї;

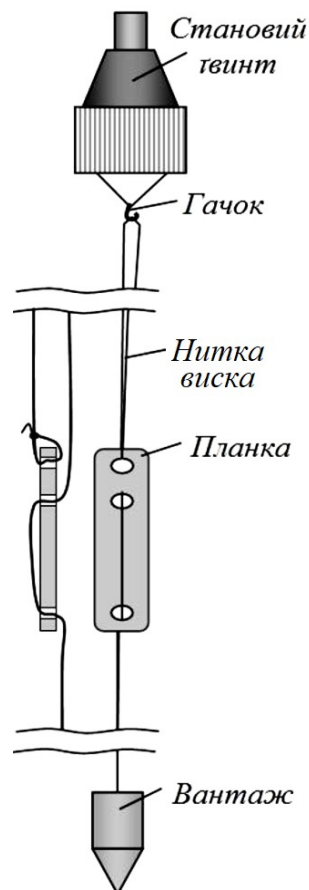


Рисунок 21 – Схема ниткового виску

б) *оптичним центриром (зоровою трубою)*. Над вершиною вимірюваного кута встановлюють теодоліт. Головку штатива розташовують приблизно над знаком, а верхню площадку головки - горизонтально. Наконечники ніжок штатива втискують у ґрунт. Для теодолітів Т30, 2Т30 встановлюють на вертикальному крузі відлік ($-90^\circ - M0$). Обертаючи підймальні гвинти підставки, суміщають центр сітки ниток оптичного центрира (для Т30, 2Т30 центр сітки ниток зорової труби теодоліта) із точкою центрування. Установлюють рівень паралельно до двох ніжок штатива і, працюючи ними (подовжуючи чи скорочуючи їх), як підймальними гвинтами, приводять

бульбашку рівня на середину. Установлюють рівень у напрямі третьої ніжки. Працюючи нею, також приводять бульбашку рівня на середину.

Спостерігають в окуляр труби оптичного центрира (окуляр зорової труби для Т30, 2Т30). Якщо центр сітки ниток зійшов із точки, то підймальними гвинтами підставки його приводять на точку, а ніжками, як описано вище, бульбашку рівня приводять на середину. Зазвичай так поступають декілька разів, доки після чергового приведення бульбашки рівня ніжками центр сітки ниток залишиться на точці. Остаточне приведення рівня на 1-2 поділки виконують підймальними гвинтами. Якщо після остаточного приведення рівня центр сітки зійшов із точки, то його установлюють на неї пересуванням (не обертанням) підставки. Звичайно, що для цього потрібно попустити становий гвинт. При попущеному становому гвинті теодоліт має бути у робочому положенні, а центр сітки ниток проєктуватися на точку. Притримуючи теодоліт за підставку, затягують становий гвинт і, якщо необхідно, поправляють бульбашку рівня.

Вимірювання горизонтального кута способом прийомів

Для вимірювання горизонтальної проєкції кута ABC на місцевості (рис. 22) теодоліт центрують над точкою B . На точках A і C , між якими вимірюють кут, встановлюють візирні цілі: віхи, шпильки, марки тощо.

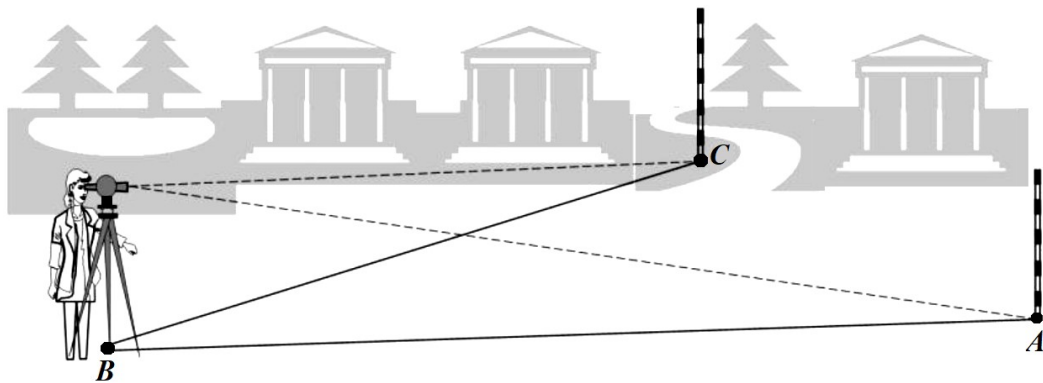


Рисунок 22 - Вимірювання горизонтального кута

Сітку ниток установлюють згідно із зором спостерігача. Для цього трубу спрямовують на світлий фон (небо, білу стіну) і, обертаючи окулярне діоптрійне кільце, домагаються чіткого зображення сітки ниток у полі зору труби.

Дивлячись поверх труби, суміщають хрест прицілу з візирною ціллю (візирна ціль має з'явитись у полі зору труби). Після потрапляння візирної цілі в поле зору труби фіксують напрям закріплювальними гвинтами горизонтального

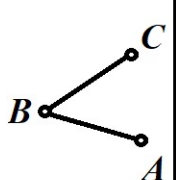
круга, алідади і труби. Обертанням фокусу-вального гвинта домагаються чіткого зображення візирної цілі.

Спосіб прийомів

Закріпивши горизонтальний круг, відпускають закріплювальний гвинт алідади і спрямовують трубу на найнижчу точку візирного пристосування А: наближено - за допомогою коліматорного прицілу на корпусі труби, і точно - центром сітки ниток зорової труби за допомогою навідних гвинтів алідади і зорової труби. Після точного спрямування труби відлічують горизонтальний круг ($194^{\circ}56,5'$) і записують у журнал установленної форми (табл. 2).

Звільнивши закріплювальний гвинт труби та алідади, обертанням її за годинниковою стрілкою візують на С. Відлічують горизонтальний круг ($154^{\circ}15,5'$) і також записують у польовий журнал. Виконані дії становлять перший півприйм вимірювання горизонтального кута ABC . Величину кута обчислюють як різницю відліків.

Таблиця 2 - Журнал вимірювання кутів теодолітом 2Т30 і довжин ліній стрічкою

Точка стояння	Точка наведення	Відліки мікроскопа	Величина кута	Середній кут	Довжина, м	Кут нахилу лінії	Горизонтальна проекція лінії	Примітка
<i>B</i>	<i>A</i>	<i>KП</i>						
	<i>C</i>	194 56,5'	40°41,0	40°40,5	<i>B-C</i>	1°56'	199,44	
		154 15,5			199,57			
			<i>КЛ</i>	40°40,0	199,53			
	<i>A</i>	16 57,0			199,55			
	<i>C</i>	336 17,0						

Для обчислення кута ABC , розташованого праворуч за ходом (хід прокладають від точки A до точки C), необхідно: від відліку ($194^{\circ}56,5'$), отриманого з візування на точку A , відняти відлік ($154^{\circ}15,5'$), отриманий з візування на точку C . У нашому прикладі значення кута ABC із півприйому знаходять:

$$194^{\circ}56,5' - 154^{\circ}15,5' = 40^{\circ}41,0'$$

Для забезпечення контролю та підвищення точності вимірювання кута виконують другий півприйом. Для цього попускають закріплювальний гвинт горизонтального круга, змінюють його положення на $1-10^\circ$ і закріплюють. Відкріплюють закріплювальний гвинт труби, переводять її через зеніт і, попустивши закріплювальний гвинт алідади, візують на точку *A*. Відлічують горизонтальний круг ($16^\circ 57,0'$) і записують його в журнал. Попускають закріплювальний гвинт алідади і, обертаючи її проти годинникової стрілки, візують на точку *C*. Відлічують горизонтальний круг ($336^\circ 17,0'$) і записують його в журнал. На цьому закінчується другий півприйом вимірювання кута. Величину кута із другого півприйому обчислюють:

$$16^\circ 57,0' + 360^\circ - 336^\circ 17,0' = 40^\circ 40,0'.$$

Два півприйоми складають один прийом. Якщо розходження між обчисленими значеннями кута, виміряного першим і другим півприйомами, не перевищує подвоєної точності відлікового пристрою, то обчислюють остаточне значення кута, виміряного одним прийомом, яке дорівнює середньому арифметичному з результатів вимірювання у півприйомах.

Якщо значення кута, отримані з двох півприймів, відрізняються більше від подвійної точності відлікового пристрою, то перевіряють стійкість штатива, чи достатньо затягнутий становий гвинт. Після цього вимірювання кута повторюють.

Точність вимірювання горизонтального кута одним прийомом технічними теодолітами типу ТЗ0 характеризується значенням середньої квадратичної похибки $30''$. З цього роблять висновок, що граничні розходження результатів вимірювання кутів у півприйомах вищевказаними теодолітами не мають перевищувати $1'$. Для теодоліта ТЗ0 допускають розходження $2'$. Якщо вимірювання виконують кількома *n* прийомами, то відлік горизонтального круга на початкову точку у кожному наступному прийомі збільшують на кут $\gamma = 180/n$.

Питання для самоконтролю:

1. Центрування теодоліта (два способи).
2. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів.
3. Точність вимірювання горизонтальних кутів.

6. ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ НУЛЯ (M0) І ВИМІРЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КУТІВ

Завдання:

1. Визначення M0.
2. Виконати вимірювання вертикального кута.

Матеріали та обладнання: теодоліти; методичні вказівки; навчальні посібники.

Пояснювальний матеріал

Вертикальний кут - це кут у проєкції на вертикальну площину. Теодолітом вимірюють вертикальні кути, які називають кутами нахилу v або зенітними відстанями Z (залежно від оцифрування вертикального круга). Під час вимірювання зенітних відстаней одним із напрямів є прямовисна лінія, а кутів нахилу - горизонтальна. Кути нахилу прийнято поділяти на додатні й від'ємні (рис. 23). **Додатний кут нахилу** - це кут між напрямом, що відповідає горизонтальному положенню візирної осі (на рис. 23 горизонтальна лінія) і напрямом на предмет, що розташований у точці A , вище від горизонтальної лінії. Від'ємний кут утворюється між горизонтальним положенням візирної осі труби й напрямом на предмет, що розташований у точці B , нижче горизонтальної лінії.

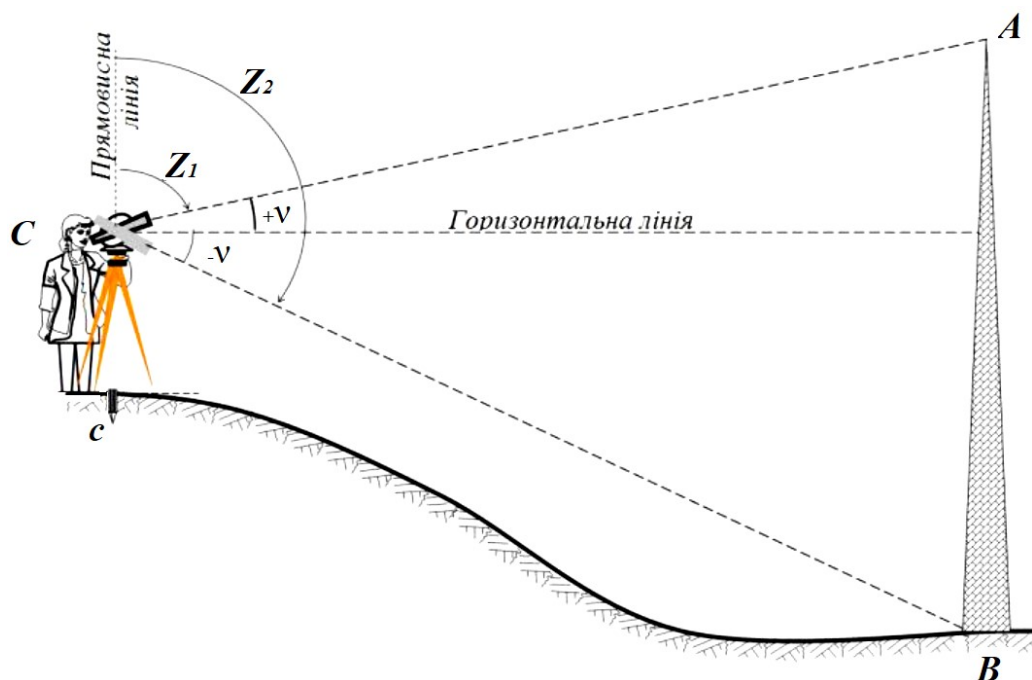


Рисунок 23 - Вимірювання вертикальних кутів

Щоб обчислювати кути нахилу, із відліків одного круга, визначають місце нуля M_0 .

Для вимірювання вертикального кута центрують теодоліт над точкою місцевості C (рис. 23), з якої виконуватимуть вимірювання. Спрямовують трубу на спостережувану точку.

Спочатку наближено - за допомогою коліматорного прицілу, і точно - центром сітки ниток зорової труби за допомогою навідних гвинтів алідади і зорової труби. Для теодолітів без рівня при алідаді вертикального круга підймальним гвинтом, що розташований найближче до візирної площини, підводять рівень алідади горизонтального круга на середину і тоді ще раз навідним гвинтом труби спрямовують її на точку. Аналогічно поступають при другому положенні круга. Відлічують по чергові BK у двох його положеннях - KI і KII .

Теодолітами з рівнем при алідаді вертикального круга і компенсатором вертикального круга вимірюють вертикальні кути.

Обчислюють кут нахилу і величину M_0 (перевірка місця нуля). Якщо потрібно, то до початку вимірювань виправляють значення місця нуля. Результати вимірювань і обчислень записують у журнал (табл. 3).

Таблиця 3 - Журнал вимірювання вертикальних кутів теодолітом 2Т30

Наведення на точку	Відліки вертикального круга	Кут нахилу $v = \frac{KI - KII}{2}$	$M_0 = \frac{KI + KII}{2}$	Контроль $v = KI - M_0$ $v = M_0 - KII$
	<i>KI</i>			
<i>A</i>	5°12,5'			+5°14,5'
		+5°14,5'	-0°02,0'	
	<i>KII</i>			
<i>A</i>	-5°12,5'			+5°14,5'

Питання для самоконтролю:

1. Вимірювання кутів нахилу.
2. Визначення місця нуля вертикального круга для теодолітів з рівнем при алідаді вертикального круга.
3. Визначення місця нуля вертикального круга для теодолітів без рівня при алідаді вертикального круга (типу Т30).

7. ВИМІРЮВАННЯ ВІДДАЛІ НИТКОВИМ ВІДДАЛЕМІРОМ

Завдання:

1. Вміти визначати віддалі за допомогою ниткового віддалеміра.

Матеріали та обладнання: теодоліти; методички; навчальні посібники.

Пояснювальний матеріал

Нитковий віддалемір - це оптичний віддалемір зі сталим кутом, утвореним променями, які проходять через два віддалемірні штрихи сітки ниток і вузлову точку об'єктива зорової труби, і перемінним базисом. Ниткові віддалеміри є в зорових трубах, що мають віддале -мірні нитки в полі зору.

Теодоліт, обладнаний вертикальним кругом і нитковим віддалеміром, називають тахеометром.

Визначення відстані нитковим віддалеміром ґрунтується на розв'язанні рівнобедреного трикутника AOB (рис. 24).

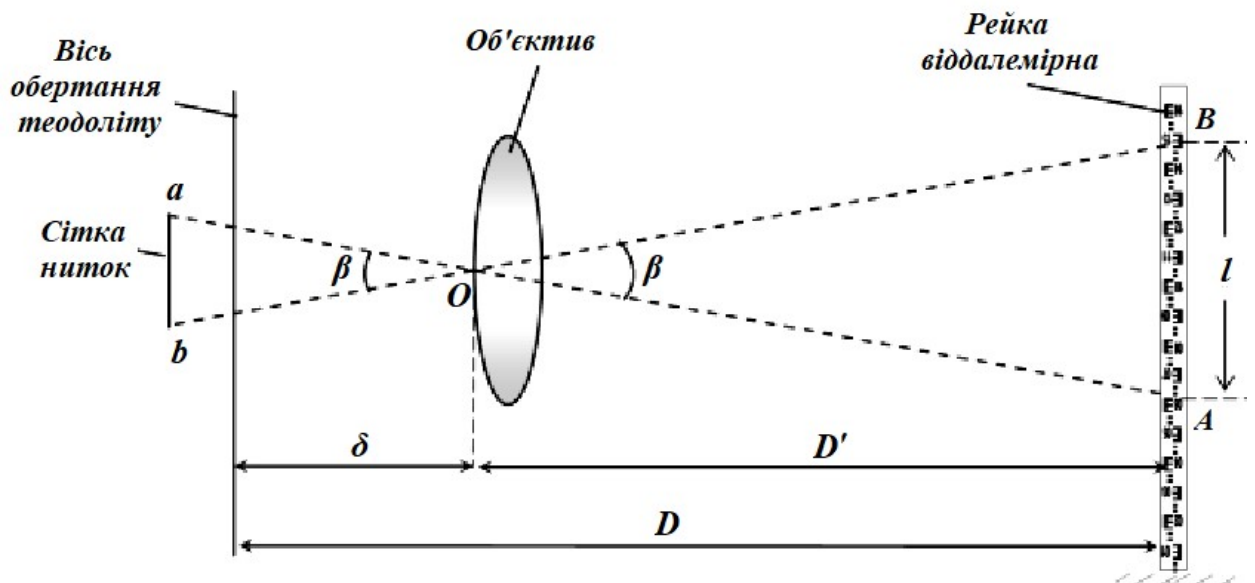


Рисунок 24 - Схема оптичного віддалеміра

Шукану похилу відстань D , що є висотою цього трикутника, визначають так:

$$D' = \frac{1}{2} l \times \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}, \quad (12)$$

де l - відстань між віддалемірними штрихами на рейці.

Позначимо через K (коефіцієнт віддалеміра) сталу величину:

$$K = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (13)$$

Тоді формулу записують так:

$$D' = K \times l \quad (14)$$

Коефіцієнт ниткового віддалеміра у тахеометрах приблизно дорівнює $K = 100$ і $K = 200$.

Остаточне значення довжини лінії буде:

$$D = D' + \delta. \quad (15)$$

Величина δ для конкретного приладу буде сталою, та у сучасних трубах її значенням можна знехтувати, тому що точка O , яка є задньою головною точкою телеоб'єктива, розташовуватиметься біля осі обертання теодоліта.

Коефіцієнт віддалеміра K можна визначити двома способами:

- 1) вимірюванням вертикального кута;
- 2) вимірюванням відстані між проєкціями віддалемірних ниток на рейці.

У першому способі

Встановлюють тахеометр на місцевості (рис. 25) і встановлюють його в робочий стан.

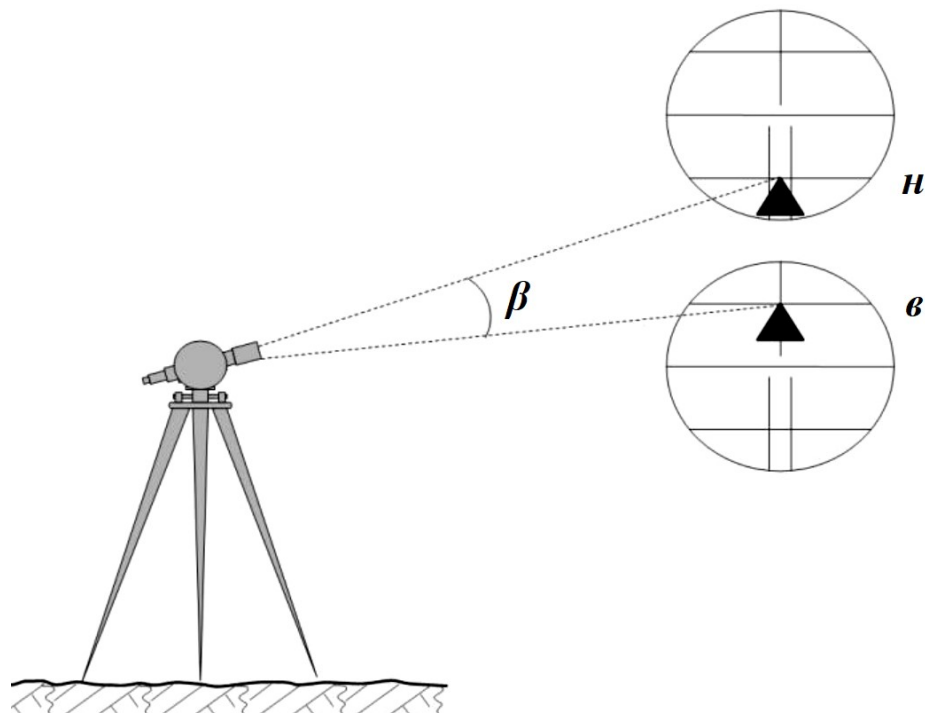


Рисунок 25 - Схематичне зображення вимірювання кута β

Вибирають чітко видну точку. Візують на цю точку верхньою (**в**) та нижньою (**н**) віддалемірними нитками, відлічуючи щоразу вертикальний круг. Дані записують у табл. 4.

Таблиця 4 - Визначення коефіцієнта віддалеміра вимірюванням вертикального кута

Наведення на точку нитками	Відліки вертикального круга	β різниця відліків (в-н)	$\frac{\beta}{2}$	$K = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$
в	0°12,5'			
		34,5'	17,25'	99,64
н	0°47,0'			
в	0°13,0'			
		34,0'	17,00'	101,11
н	0°47,0'			
				$K_{\text{сер}} = 100,38$

Виконують не менше шести прийомів вимірювань. Коефіцієнт віддалеміра обчислюють як середнє із шести прийомів. У табл. 4 подано два прийоми вимірювань.

У другому способі

На місцевості (рис. 3), кут нахилу якої менший ніж 2°, закріплюють декілька точок на відрізку завдовжки майже 140 м. Стрічкою або рулеткою вимірюють відстані А-1, А-2, А-3 тощо. з відносною похибкою, що менша від 1/2000.

Центрують тахеометр у точці А. Спрямовують приблизно горизонтально (+1°) розташовану зорову трубу на рейку, яку почергово встановлюють у точках 1, 2, 3, ... і відлічують віддалемірні нитками (**в** та **н**). Обчислюють відстань l між проєкціями віддалемірних ниток, спрямовують на цілу поділку рейки.

Тоді з формули $D = K \times l$ знаходять $K = D / l$.

Тобто $K_1 = \frac{D_1}{l_1}$; $K_2 = \frac{D_2}{l_2}$; $K_3 = \frac{D_3}{l_3}$ та ін.

Далі обчислюють середнє значення:

$$K_{сер} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n}{n}, \quad (16)$$

де n - кількість визначених коефіцієнтів K_i .

Результати вимірювання та обчислення K записують у табл. 5. Значення K , одержані двома способами, порівнюють між собою.

Таблиця 5 - Визначення коефіцієнта віддалеміра на базисі

Віддаль, м	Нитки сітки	Відліки рейки	Різниця відліків l , см	$K = \frac{D \text{ (см)}}{l \text{ (см)}}$
D_1	ν	1000		
22,47			22,5	99,87
	n	1225		
D_2	ν	0680		
63,54			63,6	99,90
	n	1316		
D_3	ν	0460		
107,26			107,4	99,87
	n	1534		
D_4	ν	0320		
136,35			136,6	99,82
	n	1686		
			$K_{сер} = 99,86$	

Питання для самоконтролю:

1. Теорія ниткового віддалеміра.
2. Визначення коефіцієнта ниткового віддалеміра за виміром кута.
3. Визначення коефіцієнта ниткового віддалеміра за виміром базисних ліній.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інженерна геодезія : підручник / за ред. проф. С. П. Войтенка. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 700 с.
2. Ратушняк Г. С. Інженерна геодезія: Практикум: Навчальний посібник. - К.: Вища школа, 1992. - 262 с.
3. Романчук С. В. Практикум з інженерної геодезії: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2005. - 142 с.
4. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя : навч. посібник. 2-ге вид. / В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій. - Львів : Євросвіт, 2006. - 208 с.
5. Шевченко Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади : підручник / за ред. Т. Г. Шевченка. - Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. - 464 с.
6. Панчук Ю. М., Янчук О. Є. Лабораторний практикум з інженерної геодезії: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2010.- 134 с.
7. Геодезичний енциклопедичний словник / за ред. В. Літинського. - Львів : Євросвіт, 2001. - 668 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
з курсу «Інженерна геодезія та вишукування»
«Будова, перевірки та робота з технічними теодолітами»

(для здобувачів вищої освіти спеціальності G19
Будівництво та цивільна інженерія)
(Електронне видання)

Укладач: Уваров Павло Євгенович

Оригінал - макет

П.Є. Уваров

Підписано до друку _____
Формат . Папір типограф. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____ . Обл.-вид.арк. ____ .
Тираж ____ прим. Вид. № ____ . Замовл. № ____ . Ціна договірна.

Видавництво СНУ ім. Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17
Телефон: +38(050) 218 04 78,
E-mail: vidavnictvosnu@gmail.com