

**Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний
університет
Навчально-науковий інститут технологій
Кафедра геодезії, картографії та землеустрою**

**Методичні вказівки
до лабораторних робіт
з дисципліни
«Геодезія»
для студентів напряму підготовки
6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»
всіх форм навчання**

Чернігів 2016

Геодезія. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» всіх форм навчання

/Укл. Крячок С.Д., Мамонтова Л.С. – Чернігів: ННІТ ЧНТУ, 2016 - 22 с.

Укладачі: Крячок С.Д. к.т.н., доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Мамонтова Л.С. ст. викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою

Рецензент: Терещук О.І., к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск: Корнієнко І.В., к.т.н., завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою

Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Будова теодоліта 2Т2	5
Лабораторна робота № 2. Перевірки теодоліта 2Т2	11
Лабораторна робота № 3. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів	15
Лабораторна робота № 4. Вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів	17

Вступ

Дисципліна «Геодезія» є нормативною дисципліною професійного спрямування для студентів напрямів підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій».

Вона є базовою для подальшого вивчення інших дисциплін для підготовки фахівців цього напрямку.

Мета лабораторних робіт – формування навичок роботи з точними кутомірними приладами, оволодіння методикою кутових вимірювань у геодезичних мережах згущення.

Методичні вказівки містять завдання до лабораторних робіт і необхідні відомості для їх виконання.

Лабораторна робота № 1

Будова теодоліта 2Т2

Мета роботи: ознайомитись з будовою теодоліта 2Т2 й відліковими пристроями; навчитись брати відліки, користуватись оптичним центриром.

Прилади та принадлежности: теодоліт 2Т2, роздатковий матеріал.

Послідовність виконання:

1. Провести загальний огляд теодоліта і зробити висновок щодо придатності теодоліту до подальшої роботи.
2. Ознайомитись з будовою теодоліта 2Т2 та його відліковими пристроями.
3. Здійснити центрування теодоліту з використанням оптичного центриру. Виконати перевірку оптичного центриру й зробити висновок щодо його роботи.

Звітні матеріали: Опис послідовності виконання завдань, результати вимірювань, схеми й висновки виконують на аркушах паперу формату А4.

Вказівки до виконання завдання:

1. Загальний огляд теодоліту

Для виконання завдання необхідно отримати теодоліт 2Т2 й закріпити його становим гвинтом на кронштейні.

Перш ніж витягнути теодоліт з металевого футляра, слід детально ознайомитись з тим, як він встановлений і закріплений. Під час ознайомлення з будовою теодоліту за рисунками та описом, слід знайти положення кожної частини приладу й випробувати її дію.

Встановивши теодоліт на кронштейн, помірно закріпити його становим гвинтом так, щоб підйомні гвинти обертались без прикладання до них зусиль. Обертання верхньої частини теодоліту навколо основної осі і зорової труби навколо її осі повинно бути плавним. Особливу увагу слід приділити справності рівнів, навідних і закріплюваних пристроїв.

Загальний огляд теодоліту завершується описом стану приладу та дії його основних частин.

2. Ознайомлення з будовою теодоліта 2Т2 та його відліковими пристроями

Теодоліт 2Т2 призначений для вимірювання кутів у геодезичних мережах згущення, знімальних мережах, для теодолітних зйомок, вирішення завдань інженерної геодезії.

Теодоліт забезпечений оптичним центриром для центрування теодоліта над точкою з точністю 1,0 мм.

Особливості теодоліта 2Т2:

- 1) система вертикальної осі неповторювальна;

- 2) в поле зору відлікового мікрометру введені цифрові показники десятків мінут для спрощення відліку з діаметрально протилежних сторін;
- 3) горизонтальний і вертикальний лімби поділено через $20'$ і оцифровано через 1° . Горизонтальний лімб має подвійні (біфілярні) штрихи, вертикальний – одинарні;
- 4) теодоліт має оптичний мікрометр, яким вимірюються долі поділок лімбів;
- 5) навідні гвинти зорової труби і аліади горизонтального круга розташовані співвісно з відповідними закріпними гвинтами куркового типу. Обидві пари гвинтів розташовані з однієї сторони теодоліту. Це прискорює перехід від наведення зорової труби за азимутом та наведення її в вертикальній площині.

Будова теодоліта 2Т2

На рис.1 зображено загальний вигляд теодоліта 2Т2.

- 1 – колонка
- 2 – ручка
- 3 – кільце оптичного клину
- 4 – зорова труба
- 5 – гвинт
- 6 – колімаційний візир
- 7 – призма-лупа поворотня
- 8 – вікно
- 9 – дзеркало
- 10 – кремальєра
- 11 – окуляр зорової труби
- 12 – штеккерне гніздо
- 13 – бокова кришка
- 14 – рукоятка
- 15 – корпус низка
- 16 – гвинт підставки закріпний
- 17 – пружина трегера
- 18 – гвинт підймальний
- 19 – підставка
- 20 – окуляр оптичного центриру
- 21 – ілюмінатор круга-шукача
- 22 – кришка
- 23 – окуляр мікроскопа
- 24 – рукоятка перемикача
- 25 – прапорець відбивача
- 26 – вісь горизонтальна

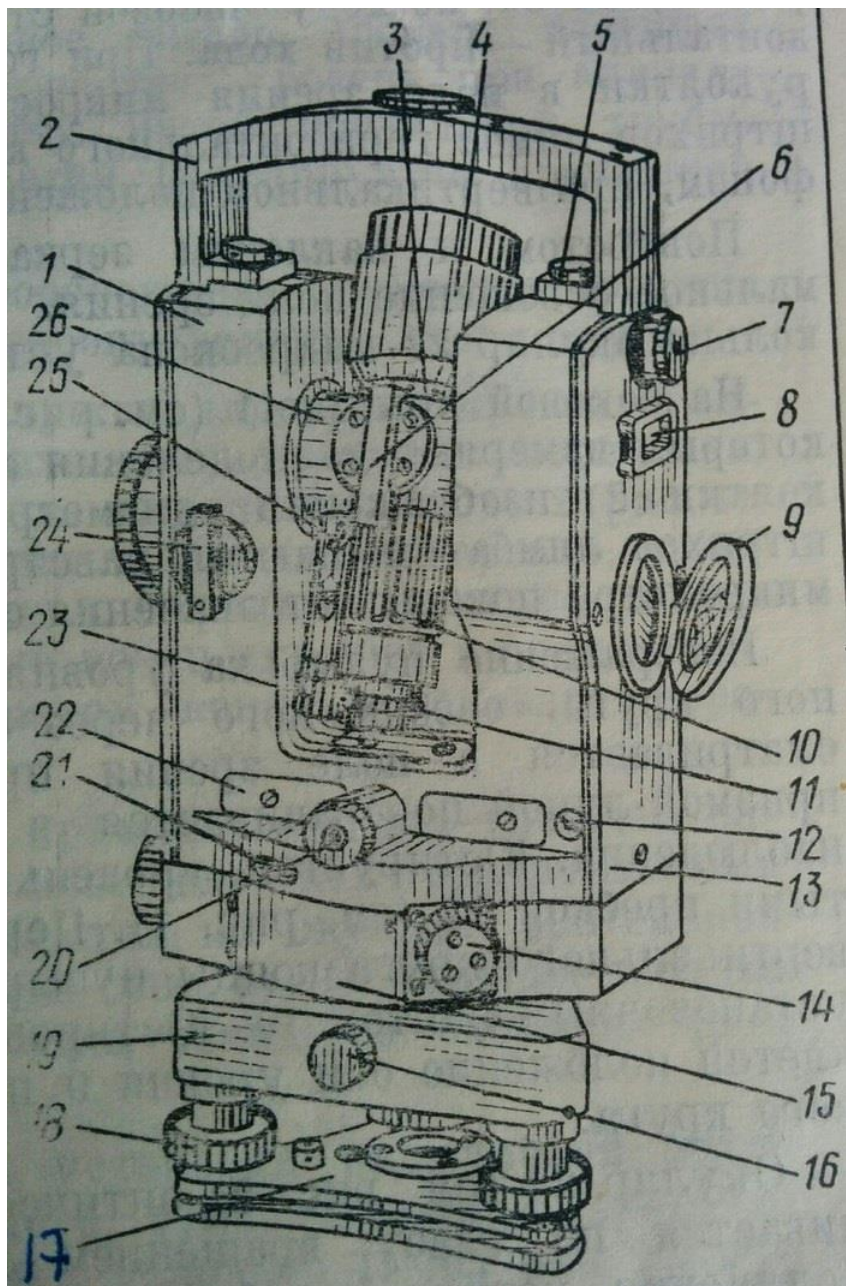


Рис.1. Загальний вигляд теодоліта 2Т2

Зорова труба 4 (рис.1) обома кінцями переводиться через зеніт і фокусується обертанням кремальєри 7. Окуляр встановлюється по оку обертанням діоптрійного кільця до появи чіткого зображення штрихів сітки ниток. Два горизонтальних штрихи сітки ниток (вище і нижче центру) слугують нитковим далекоміром. Коліаторний візир 6 призначений для грубого наведення на ціль. При користуванні візиром око повинно бути на відстані 25-30 см від нього.

Корпус зорової труби закріплено в горизонтальній осі. Для усунення колімаційної похибки між корпусом труби і віссю розташоване клинове кільце 3, обертанням якого змінюється напрямок візирної осі відносно горизонтальної.

Візування. Наведення зорової труби на ціль здійснюється обертанням труби навколо горизонтальної осі і колонки теодоліту навколо вертикальної осі.

При незакріплених гвинтах куркового типу обертання здійснюється вручну, а наведення на ціль – коліаторним візиром. При закріплених гвинтах виконується точне суміщення зображення візирної цілі з центром сітки ниток навідними гвинтами.

Горизонтальний круг. Зміна ділянок горизонтального круга здійснюється обертанням рукоятки 4 при натисненні на неї вздовж осі обертання.

Для контролю встановлення горизонтального круга при зміні його ділянок між прийомами використовується круг – шукач, відлік по якому встановлюється по індексах на ілюмінаторах 21.

Положення осі рівня при аліаді горизонтального круга виправляється гвинтом для юстування.

Відліки. Горизонтальний і вертикальний лімба розділено через 20' і оцифровано через 1°. Зображення штрихів і цифр проєктуються на площину відлікових шкал мікроскопа 23. Обертанням діоптрійного кільця окуляр мікроскопу встановлюють до появи чіткого зображення шкал.

Оптичний центрир. Окуляр 20 оптичного центриру встановлюється по оку обертанням діоптрійного кільця до отримання чіткого зображення сітки ниток у вигляді концентричних кіл. Поздовжнім переміщенням окулярного коліна центрир фокусується на точку місцевості. Об'єктив центриру встановлено всередині пустотілої вертикальної осі.

Кріплення. На колонці гвинтами закріплено ручку 2 для перенесення теодоліту, яка надає колонці додаткову жорсткість.

Теодоліт закріплюється в підставці 19 гвинтом 16. Підставка може зніматися, що дозволяє виконувати вимірювання триштативним способом. Обертанням підйомних гвинтів 18 вертикальна вісь теодоліту встановлюється по напрямку виска. Різьбову частину гвинта захищено втулкою. Підставка кріпиться на штативі становим гвинтом.

Відліки по лімбах. Поле зору відлікового мікроскопа наведено на рис.2. У центральному вікні поля знаходиться зображення діаметрально протилежних штрихів лімба; у верхньому вікні – цифри градусів і шкала з шести цифр (від 0

до 5), що вказують на десятки мінут, в правому вікні – шкала мікрометра. Лівий ряд цифр шкали мікрометра відповідає одиницям мінут, правий ряд – десяткам секунд, а кожна поділка – 1 секунді.

Важливо: перед зніманням відліку суміщувати рукояткою мікрометра верхнє і нижнє зображення штрихів лімба вертикального круга або середні лінії верхнього і нижнього зображень біфілярних штрихів горизонтального лімба. Перед суміщенням штрихів вертикального лімба потрібно сумістити кінці бульбашки рівня становим гвинтом.

Цифра шкали, що розміщена під серединою числа градусів, показує кількість десятків мінут. До них потрібно додати одиниці мінут (лівий ряд цифр), десятки секунд (правий ряд цифр), одиниці секунд зі шкали мікрометра.

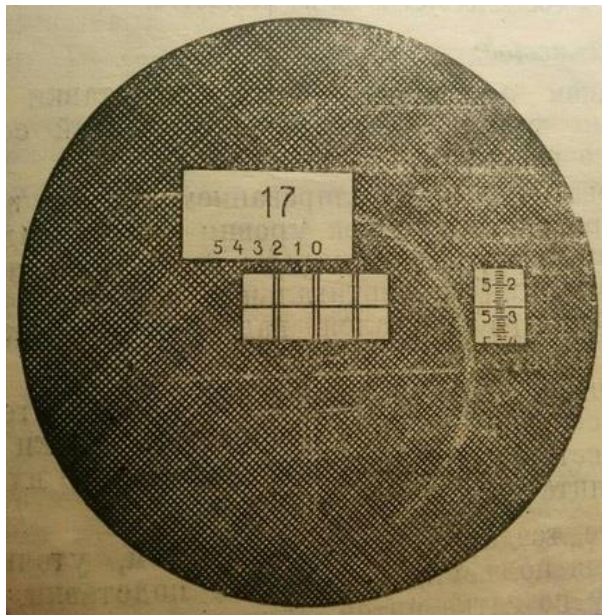


Рис.2. Поле зору мікроскопа

На рис.2 відлік по горизонтальному кругу дорівнює $17^{\circ}25'27''$.

3. Центрування теодоліту з використанням оптичного центру. Перевірка оптичного центру.

3.1 Центрування оптичним центром

Центрування теодоліту над точкою оптичним центром здійснюють в такій послідовності:

1. Обертанням підйомних гвинтів підставки суміщають зображення точки з центром кіл сітки ниток оптичного центрури.
2. Послідовним регулюванням довжини всіх ніжок штативу приводять бульбашку рівня при алідаді горизонтального круга в межі шкали на ампулі, обертаючи теодоліт навколо вертикальної осі таким чином, щоб один кінець рівня було розташовано над тією ніжкою штативу, що регулюється.
3. Підйомними гвинтами підставки встановлюють теодоліт за рівнем, якщо зображення точки не співпало з центром сітки ниток центрури, суміщають їх переміщенням приладу по голівці штативу.
4. Закріплюють теодоліт становим гвинтом, уточнюють установку рівня підйомними гвинтами підставки, перевіряють центрування по сітці ниток оптичного центрури.
5. Обернувши алідаду на 180° , перевіряють правильність центрури.

Якщо зображення точки зійшло з центру сітки ниток і не співпадає на більшу величину, ніж допускається при центруванні, центрир підлягає юстуванню. Після юстування центрури повторюють центрування теодоліту.

3.2 Центрування теодоліту з попереднім використанням ниткового виска

1. Закріплюють нитковий висок на гачку станового гвинта.
2. Відпускають становий гвинт і переміщуючи теодоліт по голівці штативу, суміщають кінчик виска з точкою центрування.
3. Виск укладається в пенал штативу. Підйомними гвинтами підставки виводиться бульбашка рівня в нуль пункт і вводиться зображення точки в центр кола сітки ниток центрури, переміщуючи теодоліт по площині головки штативу.
4. Теодоліт закріплюється становим гвинтом, перевіряється положення бульбашки рівня і зображення точки в полі зору оптичного центрури.
5. Перевіряється правильність центрури обертанням алідади на 180° .

3.3 Перевірка оптичного центрури

Перевірка паралельності осі оптичного центрури вертикальній осі теодоліту перевіряють наступним чином. Закріплюють теодоліт на штативі. Під штатив кладуть марку. Обертаючи підйомні гвинти, вводять зображення перехрестя марки в центр сітки ниток центрури. Повертають алідаду на 180° і оцінюють зміщення зображення марки відносно центру сітки ниток.

Зміщення, яке дорівнює $0,5$ радіусу малого кола сітки ниток, відповідає похибці центрування, яка дорівнює $0,8S$ мм, де S – висота штативу в метрах (при $S=1,2$ м похибка буде 1 мм).

При зміщенні більше $0,5$ радіусу рекомендується від'юстувати центрир і повторити перевірку.

Примітка: Радіус малого кола сітки ниток при висоті штативу 1,2 м відповідає 2 мм на місцевості.

Лабораторна робота № 2

Перевірки теодоліта 2Т2

Мета роботи: вивчити умови, яким повинен відповідати теодоліт, їх вплив на результати вимірювань, виконати перевірки теодоліту.

Прилади та принадлежности: теодоліт 2Т2, роздатковий матеріал.

Послідовність виконання:

1. Перевірити комплектність, маркування, чистоту поля зору відлікового мікроскопу, зорової труби, оптичного центру, побічних поверхонь кутовимірних кругів, якість нанесення штрихів на лімбах і сітках ниток.
2. Перевірити взаємодію вузлів:
 - плавність обертання зорової труби, алідади горизонтального круга, навідних гвинтів, встановлюючого гвинта рівня при алідаді вертикального круга, кремальєри, діоптрійних кілець окулярів зорової труби, мікроскопу, оптичного центру, підйомних гвинтів підставки, поворотної призми-лупи, рукоятки мікрометра і плавність руху окулярного коліна центру;
 - перевірити роботу закріпних гвинтів зорової труби, алідади горизонтального круга, підставки,; перевірити роботу механізму переводу горизонтального круга;
 - перевірити роботу переключення каналів відлікового пристрою, оцінити чіткість зображення штрихів лімбів і шкали мікрометра в полі зору мікроскопу.
3. Виконати перевірки теодоліта.

Геометричні умови теодоліта 2Т2

1. Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта.
2. Вісь візування зорової труби повинна бути перпендикулярною до горизонтальної осі обертання труби.
3. Горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути горизонтальною – перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта.
4. Основний вертикальний штрих сітки ниток повинен бути перпендикулярним до горизонтальної осі.
5. Місце зеніта вертикального круга повинно бути відомо, не перевищувати 10" або бути приведеним до нуля.
6. Вісь візування оптичного центру повинна співпадати з вертикальною лінією.

Головні перевірки теодоліта

1. Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга
2. Перевірка нахилу сітки ниток зорової труби
3. Перевірка колімаційної похибки
4. Перевірка горизонтальності осі обертання зорової труби

5. Перевірка оптичного центру
6. Визначення місця зеніту

1. Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга

Перпендикулярність осі рівня вертикальній осі теодоліта перевіряється наступним чином. Поверніть алідаду так, щоб вісь рівня була паралельною прямій, що з'єднує два підйомних гвинта підставки, і обертанням цих гвинтів в протилежних напрямках ввести бульбашку на середину. Поверніть алідаду на 90° і третім підйомним гвинтом установіть бульбашку рівня на середину. Потім поверніть алідаду на 180° і оцініть переміщення бульбашки від середнього положення. Якщо відхилення більше однієї поділки, проведіть юстування і повторіть перевірку.

2. Перевірка нахилу сітки ниток зорової труби

Закріпіть теодоліт на штативі і приведіть його вісь в вертикальне положення. Наведіть зорову трубу на візирну ціль, сумістіть зображення цілі з лівим кінцем горизонтального штриха сітки ниток і, обертаючи алідаду навісним гвинтом по азимуту, прослідуйте, чи не сходить зображення цілі з правого кінця горизонтального штриха сітки ниток. Якщо воно зійшло більше, ніж на три ширини штриха, проведіть юстування і повторіть перевірку.

3. Перевірка колімаційної похибки

Колімаційну похибку (не перпендикулярність візирної осі зорової труби горизонтальній осі теодоліта) визначають в наступному порядку:

- наведіть зорову трубу при положенні теодоліта КЛ на візирну ціль, віддалену не менше, ніж на 50 м (відхилення від горизонту не більше 2°), і візьміть відлік КЛ з горизонтального лімба;
- повторіть наведення при положенні теодоліта КП і візьміть відлік КП.

Вирахуйте колімаційну похибку c до цілого числа секунд за формулою:

$$C = 0,5 (КЛ - КП \pm 180^\circ).$$

Повторіть визначення c і вирахуйте її середнє арифметичне значення. Різниця між значеннями колімаційної похибки не повинна перевищувати $6''$.

Якщо середнє значення колімаційної похибки перевищує $6''$, рекомендується її виправити і повторити перевірку.

Примітка: Якщо вимірювання виконуються повними прийомами, тобто при двох положеннях теодоліта (КЛ і КП), колімаційна похибка не впливає на результати вимірювань і в теодолітах, що знаходяться в експлуатації, її значення можна допускати до $15''$.

4. Перевірка горизонтальності осі обертання зорової труби

Перпендикулярність горизонтальній і вертикальній осей теодоліта перевіряють наступним чином:

- встановіть теодоліт на штативі по рівню на відстані 2-3 м від стіни;

- закріпіть на стіні марку під кутом α , рівним $25-30^\circ$ до горизонту;
- наведіть на перехрестя марки зорову трубу при положенні теодоліта $\hat{E}\ddot{E}$ і зніміть відлік $\hat{E}\ddot{E}_A$ з горизонтального лімба;
- нахиліть зорову трубу на кут мінус $\alpha \pm 1^\circ$ і закріпіть на стіні другу марку так, щоб зображення її перехрестя розташувалось близько перехрестя сітки ниток або точно співпало з ним;
- наведіть зорову трубу на перехрестя нижньої марки і візьміть відлік $\hat{E}\ddot{E}_i$;
- поверніть алідаду на 180° , знову наведіть зорову трубу на верхню марку при положенні теодоліта $\hat{E}\ddot{I}$ і візьміть відлік $\hat{E}\ddot{I}_A$;
- нахиліть трубу і наведіть на перехрестя нижньої марки, візьміть відлік $\hat{E}\ddot{I}_i$ з горизонтального лімба;
- вирахуйте нахил i горизонтальної осі до цілого числа секунд за формулою:

$$i = 0,25 \cdot \operatorname{ctg} \alpha [(\hat{E}\ddot{E}_i - \hat{E}\ddot{E}_A) - (\hat{E}\ddot{I}_i - \hat{E}\ddot{I}_A)].$$

Примітка: Якщо вимірювання виконуються повними прийомами, тобто при двох положеннях теодоліта (КЛ і КП), нахил осі не впливає на результати вимірювань, і в теодолітах, що знаходяться в експлуатації, його значення можна допускати до $40''$.

5. Перевірка оптичного центру

Паралельність візирної осі оптичного центру вертикальній осі теодоліта перевірте наступним чином. Закріпіть теодоліт на штативі, під штатив покладіть марку. Введіть зображення перехрестя марки в центр сітки ниток центру підйомними гвинтами підставки. Поверніть алідаду на 180° і оцініть зміщення зображення марки відносно центра сітки ниток. Не допускається зміщення більше $0,5$ радіуса малого кола сітки ниток при висоті штативу $1,2$ м, що відповідає відхиленню візирної осі центру від вертикальної осі теодоліта на $0,5$ мм.

Якщо зміщення перевищує допустиме, необхідно від'юстувати оптичний центр або усунути похибку центру в процесі центрування осередненням при поворотах алідади на 180° .

6. Визначення місця зеніту

Значення місця зеніту визначте візуванням на віддалену ціль (вище горизонту приладу) при двох положеннях вертикального круга теодоліта і вирахуйте до $1''$ за формулою:

$$MZ = 0,5 (KL + KP - 360^\circ),$$

де КЛ, КП – відліки вертикального лімба при двох положеннях круга (зліва і справа від спостерігача).

Перед кожним зняттям відліку потрібно суміщувати кінці бульбашки рівня при алідаді вертикального круга. Повторіть визначення MZ і вирахуйте його середнє арифметичне значення. Різниця між значеннями MZ не повинна перевищувати $10''$.

Якщо середнє арифметичне значення більше $10''$, виправіть його і повторіть перевірку.

Лабораторна робота № 3

Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Мета роботи: вивчити процес вимірювання одиничного горизонтального кута теодолітом 2Т2 способом прийомів.

Прилади та принадлежности: теодоліт 2Т2, марки, роздатковий матеріал.

Послідовність виконання:

Виміряти горизонтальні кути між марками, призначеними викладачем, способом прийомів.

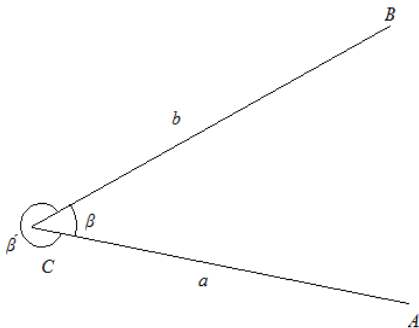
Вказівки до виконання завдання:

1. Вимірювання горизонтального кута способом прийомів

Для вимірювання горизонтального кута над точкою С встановлюють теодоліт. Над точками А і В встановлюють марки.

Вимірюють ліві β або праві β' кути по ходу від точки В до точки А.

а)



б)

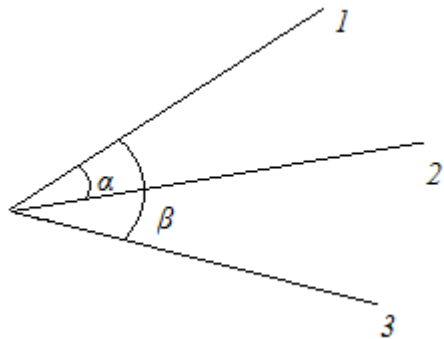


Рис.3. Схеми вимірювання горизонтального кута

Під час вимірювання кута потрібно закріпити лімб і відкріпивши алідаду, навести на точку В. Закріпити алідаду і навідними гвинтами алідади і труби навести центр сітки ниток точно на центр марки в точці В. Перед точним наведенням центру ниток акуратно фокусують трубу, щоб не було паралаксу сітки ниток. Наведення навідними гвинтами повинно закінчуватись на вгвинчування. Після наведення беруть відлік по лімбу b (рис.3а) і записують в журнал.

Відкріплюють алідаду, наводять зорову трубу на точку А, закріплюють алідаду і навідними гвинтами на вгвинчування наводять центр сітки ниток на

марку на точці А і беруть відлік по лімбу a . Значення кута β отримують як різницю відліків: $\beta = a - b$. Описані дії складають один півприйм.

Для контролю і для вилучення інструментальних помилок кут вимірюють двома півприйомами. Для виконання другого півприйому лімб переставляють на $1-2^\circ$ і змінюють положення вертикального круга переводом труби через зеніт. Спостереження виконують в тій же послідовності, що і в першому півприйомі.

Два півприйоми, виконані при різних положеннях вертикального круга, складають один прийом.

Розбіжність у значеннях кутів з двох півприймів не повинна перевищувати подвійної точності відлікового пристрою. Якщо розбіжність допустима, знаходять середнє значення кута.

Таблиця 1

Журнал вимірювання кутів способом прийомів

Дата: 18 жовтня 2007 року

Погода: ясно, слабкий вітер

Час: 7 год. 30 хв.

Зображення: спокійне

Теодоліт 2Т5К №4798

Видимість: добра

Точка стояння	Точка наведення	Круг	Відлік по горизонтальному колу	Величина кута	Середнє значення
В	С	КЛ	$131^\circ 25.5'$	$74^\circ 46.5'$	$74^\circ 46.4'$
	А		$56^\circ 39.0'$		
	С	КП	$311^\circ 31.8'$	$74^\circ 46.2'$	
	А		$236^\circ 45.6'$		

Лабораторна робота № 4

Вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів

Спосіб кругових прийомів застосовується коли на пункті більше двох напрямів.

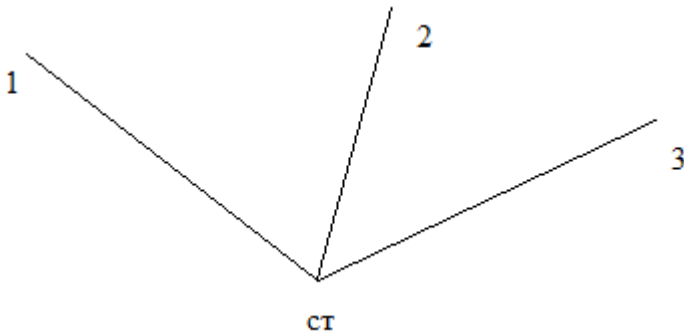


Рис. 4. Схема вимірювання горизонтальних кутів

На станції вибирають початковий напрям – напрям з добре видимою візирною ціллю. Один прийом вимірювань складається з двох прийомів, які виконуються при різних положеннях вертикального круга – КЛ і КП.

1-й півприйом (КЛ)

1. Наведіть зорову трубу на початковий напрям 1, зробіть два суміщення зображень штрихів лімба і два відліки по мікрометру.
2. Послідовно наведіть зорову трубу на напрями 2, 3, за ходом годинникової стрілки, зробіть по два суміщення зображень і два відліки по мікрометру.
3. Знову наведіть зорову трубу на початковий напрям 1 (замкніть горизонт) і зробіть відповідні суміщення і відліки.

Між півприйомами труба переводиться через зеніт.

В 2-гому півприйомі (КП) виконайте послідовне наведення труби на всі напрями проти годинникової стрілки (1,3,2,1), починаючи і закінчуючи початковим напрямом.

При переході від одного прийому до іншого, починаючи з 0° , виконуйте перестановку лімба на кут

$$\gamma = \frac{180^\circ}{n} + \delta,$$

де n – кількість прийомів $\delta = 10'$ або $5'$

Кількість кругових прийомів вимірювання кута приведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Теодоліти	Кількість прийомів		
	4 клас	1 розряд	2 розряд
T-1 і рівноточні йому	4	-	-
T-2 і рівноточні йому	6	2	2
T-5 і рівноточні йому	-	3	2

Вимір кутів в полігонометрії слід проводити при сприятливих погодних умовах і при спокійних зображеннях візирних цілей.

При спостереженні на пункті слід дотримуватись наступних рекомендацій:

- не змінювати фокусування зорової труби і відлікового мікроскопу під час роботи;
- при обертанні теодоліта навколо вертикальної осі рівень при алідаді горизонтального круга не повинен відхилятися більш як на дві поділки;
- наведення на візирні цілі в першому півприйомі (КЛ) треба закінчувати обертанням навідного гвинта за ходом годинникової стрілки; відліки шкали оптичного мікрометра слід проводити двічі після суміщення штрихів обертанням головки мікрометра за ходом годинникової стрілки;
- в другому півприйомі (КП) наведення на візирні цілі та суміщення штрихів проводять відповідними гвинтами обертанням проти годинникової стрілки;
- в процесі вимірювань необхідно контролювати і, при необхідності, коректувати центрування приладів;
- ніколи сильно не загвинчувати закріпні гвинти;
- наводити трубу на візирну марку необхідно одним місцем вертикальної нитки або бісектора, поблизу горизонтальної нитки сітки ниток.

Порядок спостережень

1-й півприйом (КЛ)

1. Беремо початковий відлік і записуємо в журнал (дивись взірць журналу виміру кута способом кругових прийомів). В нашому прикладі відлік $0^{\circ}00'$ записано в графу 3, відліки по мікрометру $25''$ при I суміщенні в графу 4, при II суміщенні $23''$ в графу 5, в графі 6 записують середнє з двох суміщень значення - $24''$.
2. Аналогічно проводять записи спостережень на інші напрями. В нашому прикладі це було:
 - при наведенні на марку 2 – відліки $34''$ і $36''$, середній $35''$
 - при наведенні на марку 3 – відліки $43''$ і $46''$, середнє $44, 5''$
3. при новому наведенні на марку 1, відліки $24''$ і $25''$, середній $24,5''$.

Розходження середніх відліків на початковий напрям на початку і в кінці півприйому називається незамиканням горизонту. У нас незамикання було

$$\Delta_{\dot{E}} = 24,5'' - 24,0'' = 0,5''$$

2-й півприйом (КП)

Відліки в другому півприйомі записуються в журнал знизу – догори.

Маємо:

- при наведенні на марку 1 – відліки 50'' і 50'', середній 50''
- при наведенні на марку 3 – відліки 14'' і 13'', середній 13,5''
- при наведенні на марку 2 – відліки 58'' і 59'', середній 58,5''
- при новому наведенні на марку 1, відліки 48'' і 46'', середній 47,0''.

Незамикання горизонту

$$\Delta_I = 50,0'' - 47,0'' = 3,0''$$

$$\Delta_{\bar{N}\bar{A}\bar{D}} = \frac{\Delta_{\dot{E}} + \Delta_I}{2} = 1,75''$$

Порядок обробки журналу

Після закінчення куткових вимірювань в прийомі будуть заповнені всі графи до 6-ої включно.

Розглянемо подальшу обробку журналу:

1. В графі 7 знаходять подвійну колімаційну похибку за формулою

$$2\tilde{n} = \hat{E}\ddot{E} - (\hat{E}\ddot{I} \pm 180^\circ)$$

2. В графі 8 знаходять середні значення секунд з відліків при КЛ і КП, тобто

$$0,5 \cdot (\hat{E}\ddot{E} + \hat{E}\ddot{I}).$$

При цьому за величини градусів і мінут беруть їх значення при КЛ.

3. Вводимо поправки в напрями за незамикання горизонту.

$$\delta_{\dot{E}} = -\frac{\Delta_{\bar{n}\bar{a}\bar{d}}}{n}(k-1)$$

δ_k – поправка в напрям,

n – число напрямів (в нашому прикладі $n = 3$),

k – номер напрям.

$$\Delta_{\bar{n}\bar{a}\bar{d}} = \frac{\Delta_{\dot{E}} + \Delta_I}{2} = \frac{0,5 + 3}{2} = 1,75$$

Правильність обчислень контролюється за даними графі 8

$$\Delta_{\bar{n}\bar{a}\bar{d}} = 37,2'' - 35,5'' = 1,7''.$$

Обчислені поправки δ_k записують в графу 9. Виправлені напрями записують в графу 10. Контроль правильності введення поправок: рівність

відліків при наведенні труби на початкову марку 1 на початку в кінці прийому ($0^{\circ}00'35.5''$ в верхній і $0^{\circ}00'35.5''$ в нижній строчці журналу).

4. Нарешті, обчислюємо напрями, приведені до нуля. Для цього з кожного напрямку віднімається напрям на марку 1, в нашому прикладі віднімається $0^{\circ}00'35.5''$. Результат записується в графі 11.

Так обробляються всі прийоми.

Результати вимірювань окремих кутів і напрямів повинні знаходитися в межах допусків, наведених в таблиці 3.

Таблиця 3

Допуски на вимірювання кутів і напрямів

№ п/п	Елементи вимірювань	Тип приладів		
		T1	T2	T5
1	Різниця значень одного кута, обчисленого з двох півприймів	6''	8''	0.2'
2	Коливання значень кута, отриманих з різних прийомів	5''	8''	0.2'
3	Розходження результатів спостережень на початковий напрям на початку і в кінці півприйома	6''	8''	0.2'
4	Коливання напрямів, приведених до одного нуля в окремих прийомах	5''	8''	0.2'

Прийоми, що не задовольняють встановлені допуски, а також прийоми при виконанні яких були порушені умови спостережень (зміщено прилад, допущений прорахунок тощо), не закінчуються і спостерігаються повторно на тих же установках лімба.

Повторні спостереження виконуються після закінчення спостережень за основною програмою.

Якщо середнє значення кута (напрямку), отримане з основного і повторного прийомів, задовольняє встановлені допуски, то воно приймається до подальшої обробки. В протилежному разі в обробку приймається тільки повторний прийом.

Сторінки польового журналу нумеруються ВТК перед початком польових робіт. Обчислення в журналі ведуть кульовою ручкою, чітко, не допускаючи виправлень. Результати не прийнятих в обробку вимірювань закреслюють з вказівкою причини.

Виправлення помилок в обчисленнях, знайдених під час перевірки журналів, проводиться шляхом акуратного закреслення неправильних цифр і запису вірних цифр над ними (червоним кольором).

За результатами вимірів на пункті складається зведення результатів вимірювань, виводяться середні значення кутів або напрямів і робиться польова оцінка точності вимірювань кутів на станції.

Оформлені журнали кутових вимірювань подаються до подальшої обробки.

Журнал
Вимірювання кутів способом кругових прийомів

Пункт – Іванівка
Дата – 15.04.03 р.
Час – 10.25- 10.35

Погода: ясна
Видимість: хороша
Зображення: спокійне

Прийом I

Номер марки	Круги	Відліки штрихів лімба	Відліки по мікрометру		$\frac{I + II}{2}$	2с	$\frac{\hat{E}\ddot{E} + \hat{E}\ddot{I}}{2}$	Поправки δ_k	Виправлені напрями	Приведені напрями
			I	II						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	КЛ	0°00'	25"	23"	24"	-23.0	0°00'35.5"	0.0"	0°00'35.5"	0°00'00.0"
	КП	180°00'	48"	46"	47"					
2	КЛ	68°15'	34"	36"	35"	-23.5	68°15'46.7"	-0.6"	6°15'46.1"	68°15'10.6"
	КП	248°15'	58"	59"	58.5"					
3	КЛ	129°18'	43"	46"	44.5"	-29.0	128°18'59.0"	-1.2"	129°18'57.8"	129°18'22.3"
	КП	309°19'	14"	13"	13.5"					
1	КЛ	0°00'	24"	25"	24.5"	25.5	0°00'37.2"	-1.7"	0°00'35.5"	0°00'00.0"
	КП	180°00'	50"	50"	50.0"					

Незамикання горизонту: $\Delta_{\hat{E}} = 0,5''$; $\Delta_I = 3,0''$; $\Delta_{\hat{n}\hat{a}\hat{o}} = 1,75''$

$$\delta_{\hat{E}} = -\frac{\Delta_{\hat{n}\hat{a}\hat{o}}}{n}(k-1)$$

δ_k – поправка в напрям, n – число напрямів (в нашому прикладі $n = 3$), k – номер напрям.

Література

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Київ, ГКНТА-2.04-02-98, 1999. – 133 с.
2. Кравцов М.І., Мамонтова Л.С. Вимірювання кутів способом кругових прийомів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Чернігів: ЧДІЕУ, 2003. - 6с.
3. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія, частина II: Підручник для вузів / Заг. ред. А.Л.Островського. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.–508 с.
4. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Тревого І.С. Геодезичні прилади: Підручник / Заг. ред. Т.Г.Шевченка. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006.–464 с.