

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

ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ
Методичні вказівки

до проведення лабораторних робіт
для бакалаврів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Чернігів-2017

Геодезичні прилади. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

/Укл. Крячок С.Д., Мамонтова Л.С. – Чернігів: ННІТ ЧНТУ, 2017 - 41 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
Загальні методичні рекомендації	4
Лабораторна робота №1. Вивчення будови теодолітів 2Т2, 3Т2КП.....	6
Лабораторна робота №2. Дослідження оптичного мікрометра..	16
Лабораторна робота №3. Визначення «мертвого ходу» оптичного мікрометра.....	20
Лабораторна робота №4. Визначення рена оптичного мікрометра.....	24
Лабораторна робота №5. Визначення різниці висот нулів пари рейок.....	28
Лабораторна робота №6. Визначення довжини метрових інтервалів шашкових рейок.....	29
Лабораторна робота №7. Визначення постійної поправки електронних віддалемірів.....	31
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	35
Додаток 1.....	36
Додаток 2.....	37
Додаток 3.....	38
Додаток 4.....	39
Додаток 5.....	40
Додаток 6.....	41

ВСТУП

Лабораторні роботи з дисципліни «Геодезичні прилади» для студентів другого курсу спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спрямовані на закріплення теоретичного матеріалу та оволодіння методиками дослідження геодезичних приладів.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Кожна лабораторна робота виконується у складі бригади студентів з двох-трьох чоловік під керівництвом викладача. До початку кожної лабораторної роботи студенти ретельно готуються. Вони повинні знати: мету і порядок виконання лабораторної роботи; розуміти формули, за якими обчислюються ті чи інші величини; назву і принцип дії приладів, якими користуються; відповіді на контрольні питання.

Виконання кожної контрольної роботи розраховано на 2 години. Роботу №1 можна виконувати у домашніх умовах. За результатами кожної виконаної лабораторної роботи студент повинен складати письмовий звіт. Оформлення звіту виконується на аркушах формату А4 у друкованому чи письмовому варіантах - розбірливо. Схематичні креслення виконуються чітко (можна олівцем).

Студент допускається до виконання наступної лабораторної роботи, якщо викладач підпише звіт за виконання попередньої лабораторної роботи.

Щоб отримати допуск до складання іспиту, студент повинен подати всі підписані викладачем звіти і відповіді на контрольні та додаткові питання.

Під час виконання лабораторних робіт студенти повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки та основних правил поведіння з геодезичними приладами, зберігати порядок на робочому місці.

Основні правила поводження з геодезичними приладами під час виконання лабораторних робіт

1. Спочатку встановлюють штатив, після чого витягають прилад з футляра.
2. Прилад потрібно брати за підставку (трегер).
3. Після встановлення приладу на штатив його слід закріпити становим гвинтом та захистити парасолькою від сонця та опадів.
4. Обертати рухомі частини потрібно повільно, не докладаючи значних усиль. Якщо обертати важко, то слід звернутися до викладача.
5. Навідними гвинтами слід працювати на середині їх ходу.
6. Робота навідних гвинтів та барабана (маховичка) оптичного мікрометра повинна закінчуватись на вгвинчування (за ходом годинникової стрілки). Якщо гвинт загвинчено більше, його слід вигвинтити та знову вгвинтити.
7. Для закріплення зорової труби, аліади, тощо не слід сильно загвинчувати закріпні гвинти.
8. Під час роботи не слід залишати прилад без нагляду.
9. Під час транспортування прилад слід оберегати від ударів та різких струсів (особливо нівеліри з компенсаторами).
10. При перенесенні приладу, закріпленому на штативі, на невеликі відстані він повинен знаходитись у вертикальному положенні.
11. Під час укладання приладів у футляр відкріплюють закріпні гвинти, кладуть прилад до футляру, закріплюють пакувальні гвинти, закріплюють закріпні.
12. Для роботи з приладом при від'ємних температурах його слід витримати 1 – 2 години у робочому середовищі.

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТЕОДОЛІТІВ 2Т2, 3Т2КП

Мета роботи: здобути знання щодо будови та основних технічних характеристик теодолітів 2Т2 та 3Т2КП.

Прилади та обладнання: теодоліти 2Т2, 3Т2КП, візирна марка.

Точні теодоліти 2Т2 та 3Т2КП призначені для вимірювання кутів у триангуляції 3-го й 4-го класів і полігонометрії, для астрономічних спостережень, монтажу промислового устаткування, та виконання інших інженерних робіт. Круги лімбів теодоліта розділені на 20', кутова міра - градусна. У відліковій системі приладу використано оптичний клиновий мікромір із шкалою, ціна поділки якого 1". Відлікова система передбачає цифрову індексацію десятків минут у додатковому віконці діафрагми поля зору мікроскопа. Оптична відлікова система горизонтального та вертикального кругів у теодолітах 2Т2 і 3Т2КП забезпечує відлік за діаметрально протилежними частинами кругів (лімбів), що виключає вплив ексцентриситету.

Технічні характеристики теодоліта 2Т2

Зорова труба (оберненого зображення)

Збільшення, разів (крат).....	25
Поле зору.....	1°30'
Фокусна відстань об'єктива, мм.....	250
Діаметр входної зіниці, мм.....	1,4
Межа фокусування, м.....	1,5
Коефіцієнт ниткового далекоміра.....	100

Відлікова система

Робочий діаметр горизонтального круга, мм.....	90
Робочий діаметр вертикального круга, мм.....	65
Ціна поділки кругів.....	20'
Збільшення мікроскопа горизонтального круга, разів.....	45,6

Збільшення мікроскопа вертикального круга, разів.....	63,2
Ціна поділки шкали мікрометра.....	1
Точність відліку.....	0,1''

Рівні

Ціна поділки рівня при алідаді горизонтального круга.....	15''
Ціна поділки рівня при алідаді вертикального круга.....	15''
Ціна поділки накладного рівня.....	10''

Середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута одним прийомом не перевищує 2''.

Середня квадратична похибка вимірювання вертикального кута одним прийомом не перевищує 3''.

Побудову зображення у зоровій трубці теодоліта 2Т2 показано на рис. 1.1. Зорова труба Кеплера дозволяє отримати у полі зору обернене зображення предметів (див рис. 1.1).

Об'єктив 1 та від'ємна фокусуюча лінза 2 утворюють *телеоб'єктив*. Телеоб'єктив дозволяє збільшити еквівалентну фокусну відстань, не збільшуючи довжину зорової труби.

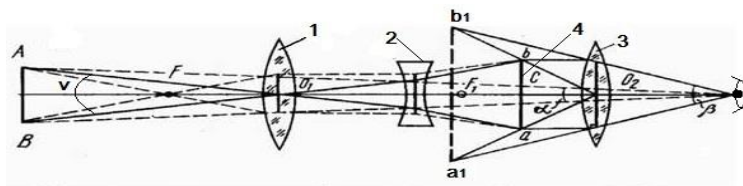


Рис. 1.1. Хід променів у зоровій трубці теодоліту 2Т2

Об'єктив 1 та фокусуюча лінза 2 створюють дійсне обернене зображення ab предмету AB у площині сітки ниток 4. Окуляр 3 будує уявне зображення a_1b_1 предмету AB . Предмет AB видно не озброєним зоровою трубою оком під кутом α , а за допомогою зорової труби – під кутом β . Оскільки $\beta > \alpha$, то

масмо збільшення зорової труби Γ^{\times} - відношення кута, під яким видно предмет за допомогою зорової труби до кута, під яким видно предмет неозброєним оком

$$\Gamma^{\times} = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Поле зору труби – простір, який видно в зорову трубу при нерухомому її положенні. Поле зору визначається *кутом поля зору*, утвореного променями, які перетинаються у центрі лінзи об'єктиву та які обмежує внутрішній діаметр оправы сітки ниток. Це промені (див. рис. 1.1) Aa та Bb , які утворюють кут поля зору ν та надходять до діаметрально протилежних точок a та b платівки сітки ниток. Величина кута поля зору пов'язана із збільшенням зорової труби

$$\nu = \frac{38^{\circ},2}{\Gamma^{\times}}.$$

Важливою характеристикою зорової труби є роздільна здатність. *Роздільна здатність зорової труби* - це спроможність давати роздільне зображення двох дрібних об'єктів місцевості. Роздільна здатність характеризується кутом, під яким ще видно дві точки зображення до моменту повного злиття одна з одною. Цей кут визначається за формулою для роздільної здатності ока γ_0

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{\Gamma^{\times}}.$$

Роздільна здатність зорової труби залежить від освітлення та контрастності предметів місцевості, якості оптики зорової труби, способу візування (наведення) на спеціальні візирні марки, які використовуються для точних і високоточних кутових вимірювань. Для звичайних умов спостережень приймають роздільну здатність ока $\gamma_0 = 60''$.

Як видно з формул, чим вище значення має збільшення зорової труби, тим менше кут поля зору і тим вища роздільна здатність такої труби.

Використання для геодезичних робіт зорових труб, які дають обернене зображення предметів, потребує відповідних практичних навичок. Тому більш досконалішими є зорові труби, зображення яких є прямим, тобто відповідає сценам місцевості.

На рис. 1.2 наведено схема такої зорової труби. Крім відомих елементів її конструкції, як: об'єктив 1, фокусуюча лінза 2, платівка 4 сітки ниток та лінз окуляру 5, зорова труба містить систему призм 3. Ця система призм називається призмою Аббе, яка додатково обертає зображення.

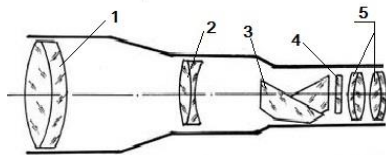


Рис. 1.2. Схема зорової труби прямого зображення теодоліта 3Т2КП

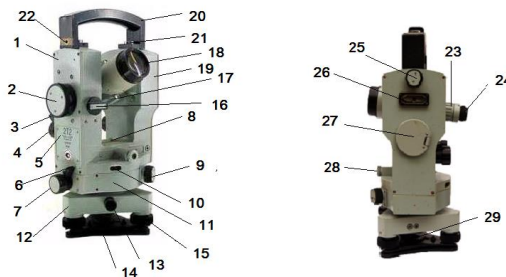
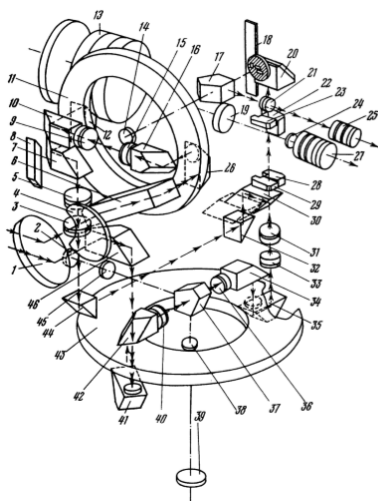


Рис 1.3. Зовнішній вигляд теодоліта 2Т2: 1 – бічна панель; 2 – маховичок (барaban) мікрометра; 3 – закріпний гвинт аліадади вертикального круга; 4 – навідний гвинт аліадади вертикального круга; 5 – маркування теодоліта; 6 - закріпний гвинт аліадади горизонтального круга; 7 - навідний гвинт аліадади горизонтального круга; 8 – циліндричний рівень; 9 – рукоятка

повертання горизонтального круга (тріпка); 10 – віконце з поділками горизонтального круга; 11 – частина корпусу теодоліта, в якій розташовано горизонтальний круг; 12 – підставка (трегер); 13 – закріпний гвинт трегера; 14 – пружна платівка трегера; 15 – підйомний гвинт; 16 – перемикач для відліків по горизонтальному та вертикальному кругам; 17 – коліматорний візир; 18 – об’єктив зорової труби; 19 – частина колонки, в якій розміщено вертикальний круг; 20 – рукоятка; 21 – гвинт для кріплення рукоятки 21; 22 – кронштейн для кріплення бусолі; 23 – кремальєра; 24 – окуляр зорової труби; 25 – поворотна призма для спостереження зображення кінців бульбашки циліндричного рівня вертикального круга; 26 – віконце; 27 – дзеркало підсвічування поля зору відлікового мікроскопа; 28 – окуляр оптичного виска; 29 – втулка трегера для станового гвинта.



→ хід променів світла у оптичній системі вертикального круга
 → хід променів світла у оптичній системі горизонтального круга

Рис. 1.4. Оптична система теодоліта 2Т2: 1 – дзеркало; 4 – ілюмінатор; 6, 26, 16, 10, 12, 7, 44, 32 – поворотні призми системи вертикального круга (ВК) (10, 16 призми містка ВК); 44

– призма – перемикач ВК/ГК; 46, 41, 42, 34, 35 - поворотні призми системи горизонтального круга (ГК) (42,34 - призми містка ГК); 28, 29, 22, 23 – оптичні клини мікрометра; 20 – блок поворотних призм; 17 – пентапризма; 18 – шкала оптичного мікрометра; 21, 25 – об’єктив та окуляр відлікового мікроскопа; 11, 43 – вертикальний та горизонтальний круги; 36,40 – лінзи містка ГК; 9, 15 – лінзи містка ВК; 33,31 – перша та друга лінзи ГК; 13 – лінзи об’єктива зорової труби (ЗТ); 19 – фокусуюча лінза ЗТ; 24 – хрест ниток ЗТ; 27 – окуляр ЗТ; 39,38,37,45,2 - захисне скло, об’єктив, пентапризма, сітка ниток, окуляр оптичного виска; 5,3 – перша та друга лінзи об’єктива ВК; 8 – поворотна призма рівня ВК; 19 - лінза системи підсвічування.

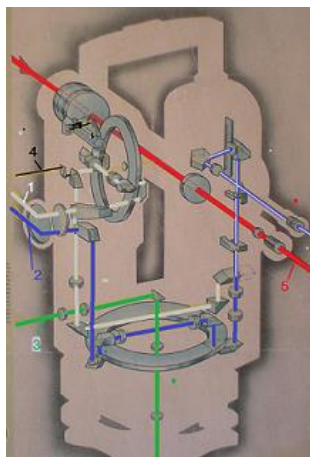


Рис. 1.5. Узагальнена оптична система теодоліта 2Т2: 1- хід променів світла у оптичній системі вертикального круга; 2 - хід променів світла у оптичній системі горизонтального круга; 3- хід променів світла у оптичній системі оптичного виска; 4 - хід променів світла у оптичній системі для спостереження зображення кінців бульбашки циліндричного рівня вертикального круга; 5 - хід променів світла у оптичній системі зорової труби.

Важливим елементом конструкції теодоліту, який забезпечує наведення на віддаленні предмети є зорова труба. Вона містить (рис. 1.6): об'єктив 1 та фокусуєчу лінзу 2, які створюють зображення предметів у площині сітки ниток 3. Сітка ниток розташована на поверхні прозорої плоскопаралельної платівки, встановленої у металеву оправу 4. Металева оправка 4 кріпиться до корпусу зорової труби за допомогою виправних гвинтів 5. Уявна лінія, яка проходить через середину перехрестя сітки ниток та оптичний центр об'єктива називається *візирною віссю* зорової труби. Уявна лінія, яка проходить через центри сферичних поверхонь об'єктива і окуляра називається *оптичною віссю*. Окуляр 6 призначений для розглядання зображення предметів та сітки ниток. Для фокусування на предмети місцевості необхідно обернути кремальєру 7, яка через зубчасту передачу переміщує футляр 8 фокусуєчого елемента 2.

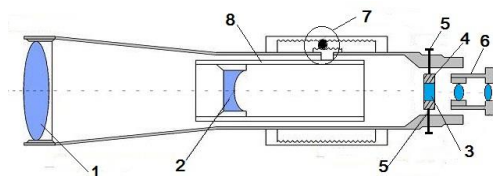


Рис. 1.6. Схема зорової труби теодоліта 2Т2

Технічні характеристики теодоліта 3Т2КП

Зорова труба (прямого зображення)

Збільшення, разів (крат).....	30
Поле зору.....	1°30'
Фокусна відстань об'єктива, мм.....	239
Діаметр входної зіниці, мм.....	1,34
Межа фокусування, м.....	1,2
Коефіцієнт ниткового далекоміра.....	100

Відлікова система

Робочий діаметр горизонтального круга, мм.....	90
Робочий діаметр вертикального круга, мм.....	65
Ціна поділки кругів.....	20'
Збільшення мікроскопа горизонтального круга, разів.....	45
Збільшення мікроскопа вертикального круга, разів.....	45
Ціна поділки шкали мікрометра.....	1"
Точність відліку.....	0,1"

Рівні

Ціна поділки рівня при алідаді горизонтального круга.....	15"
Ціна поділки круглого рівня	5'
Діапазон дії компенсатора вертикального круга.....	$\pm 4'$
Похибка компенсації.....	0,8"

Середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута одним прийомом не перевищує 2".

Середня квадратична похибка вимірювання вертикального кута одним прийомом не перевищує 2,4".

За своїм зовнішнім виглядом теодоліт 3Т2КП (рис. 1.7) практично не відрізняється від свого попередника – 2Т2.



Рис. 1.7. Зовнішній вигляд теодоліту 3Т2КП: 1 – виправний гвинт циліндричного рівня; 2 – гвинт точного встановлення відліку за горизонтальним кругом.

Як і 2Т2 теодоліт 3Т2КП має виправний гвинт циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга – 1. Відмінністю зовнішнього вигляду є наявність – гвинта 2 - для точного встановлення відліку за горизонтальним кругом шляхом точного сполучення діаметрально протилежних штрихів у полі зору відлікового мікроскопа.

Зорова труба теодоліта 3Т2КП дає пряме зображення предметів. Для цього застосовано призму Аббе, яка обертає зображення (рис. 1.8).

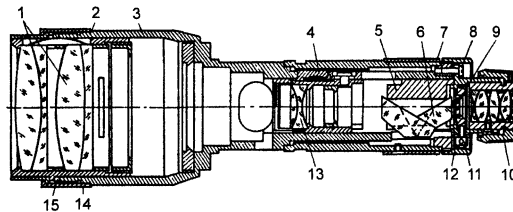


Рис. 1.8. Конструкція зорової труби теодоліта 3Т2КП: 1 – лінзи об’єктива зорової труби; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – вкладка; 5 – обойма кріплення; 6 – призма Аббе, яка обертає зображення; 7 – кільце кремальєри; 8 – гвинт кріплення окуляра; 9 – сітка ниток у оправі; 10 – окуляр; 11 – гвинт виправлення сітки ниток; 12 – ковпачок; 13 – фокусуюча лінза; 14 – гайка; 15 – компенсаційне кільце для виправлення місця zenіту та місця нуля.

Порядок виконання лабораторної роботи

Необхідно навести технічні характеристики теодолітів 2Т2 та 3Т2КП у вигляді таблиці.

Ознайомитись з будовою теодолітів та вміти показати і назвати елементи його конструкції.

Виконати зариси основних елементів оптичної системи, які належать горизонтальному кругу.

Зарисувати вигляд сітки ниток теодолітів 2Т2 та 3Т2КП, яка наведена на середину візирної марки.

Зарисувати вигляд поля відлікового мікроскопа теодолітів 2Т2 та 3Т2КП з відліком за горизонтальним кругом

(ПО)°(ПО)'(ПО),5" – де П та О являються передостанньою та останньою цифрами студентського квитка, відповідно.

Зарисувати схему зорової труби теодоліта 2Т2 та показати хід променів світла з побудовою зображення.

Знати поняття: візирна вісь; збільшення зорової труби; поле зору; роздільна здатність зорової труби.

Зарисувати схему зорової труби теодоліта 3Т2КП.

Контрольні питання

1. Який хід променів у оптичній системі зорової труби теодоліта 2Т2?
2. Які основні оптичні деталі, їх види та призначення має оптична системи теодоліта 2Т2?
3. У чому відмінність між зображеннями предметів, отриманих зоровою трубою теодолітів 2Т2 та 3Т2КП?
4. Що таке телеоб'єктив?
5. В чому перевага телеоб'єктива в порівнянні з зоровою трубою, яка має для отримання зображення рівновіддалених предметів рухомий об'єктив типу «підзорна труба» без від'ємної фокусуючої лінзи?
6. Який порядок відліку за лімбом горизонтального та вертикального кругів?
7. Яке призначення теодолітів 2Т2 та 3Т2КП?
8. Що таке вхідна та вихідна зіниці оптичної системи зорової труби?
9. Що таке апертурна та польова діафрагми?
10. Назвіть основні оптичні характеристики оптичної системи зорової труби.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО МІКРОМЕТРА

Мета роботи: виконати дослідження оптичного мікрометра, а саме: визначити похибки сполучення штрихів горизонтального круга.

Прилади та обладнання: теодоліт 2Т2, 3Т2КП.

Оптичний мікрометр складається з двох пар оптичних клинів – рис. 2.1. Переміщення рухомих клинів вгору чи вниз по

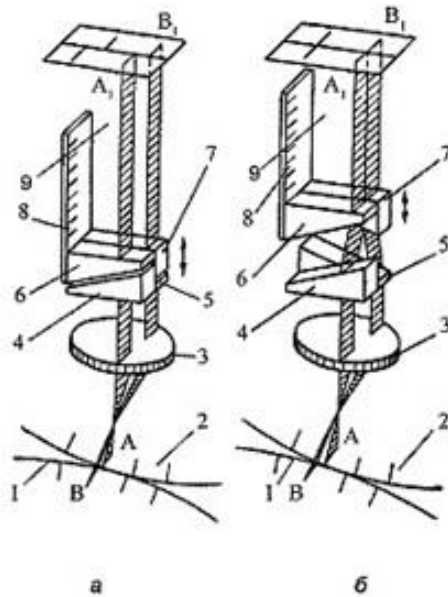


Рис. 2.1. Схема роботи двостороннього оптичного мікрометра з рухомими оптичними клинами:

1 – круг; 2 – зображення круга у полі зору відлікового мікроскопа; 3 – об'єктив відлікового мікроскопа; 4,5 – нерухомі оптичні клини; 6,7 – рухомі оптичні клини; 8 – шкала (планка) оптичного мікрометра, з'єднана з рухомими клинами; 9 –

нерухомий відліковий індекс: а – оптичні клини прилягають одні до одних, зображення A_1 та B_1 штрихів круга A та B не збігаються у полі зору мікроскопа; б – рухомі клини відсунуті угору, зображення A_1 та B_1 штрихів круга A та B збігаються у полі зору мікроскопа, відлік по шкалі оптичного мікроскопа змінився в порівнянні з позицією а

відношенню до нерухомих здійснюється обертанням маховика (барабана) оптичного мікрометра. Внаслідок чого зображення A_1 та B_1 діаметрально протилежних штрихів круга A та B будуть переміщуватись назустріч один одному. Точність нанесення будь-якого штриха шкали оптичного мікрометра 8 відносно початкового досягає 0,002 мм, що відповідає похибці відліку 0,03".

Порядок виконання лабораторної роботи.

Дослідження виконуються на різних установках аліади горизонтального круга через 15° , починаючи від 0° до 345° . Для досліджень вертикального круга – через 1° , починаючи від 82° до 97° . Для цього встановлюють теодоліт на штатив та горизонтують його. Встановлюють круг ліворуч. Роботою дзеркала теодоліта досягають яскравого зображення шкали оптичного мікрометра та штрихів круга, а обертанням кремальєри окуляра оптичного мікрометра чіткого їх зображення. Потім:

1) встановлюють відлік за шкалою оптичного мікрометра близький до $0'05''$ (рис. 2.2);

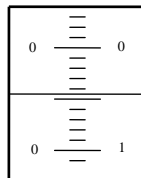


Рис. 2.2. Відлік по шкалі оптичного мікрометра $0'04,6''$

2) тріпкою встановлюють відлік за горизонтальним кругом 0° ;

3) навідним гвинтом горизонтального круга точно сполучають другий з ліва верхній A_1 штрих круга з нижнім штрихом B_1 (рис. 2.3, а) та отримують відлік $0^\circ 00'$ (рис. 2.3, б);

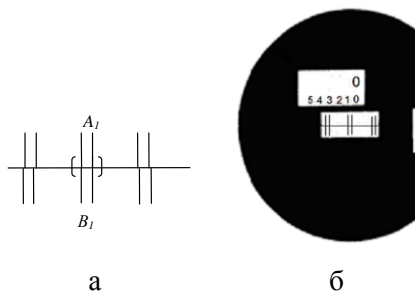


Рис.2.3. а - сполучення зображення A_1 верхнього та зображення нижнього B_1 штрихів горизонтального круга у полі зору відлікового мікроскопа; б – відлік за горизонтальним кругом $0^\circ 00'$

4) обертанням маховичка оптичного мікрометра проти годинникової стрілки дещо розводять штрихи A_1 та B_1 і обертанням маховичка за годинниковою стрілкою сполучають вказані штрихи

5) беруть відлік I за шкалою оптичного мікрометра у секундах та записують його до таблиці;

6) обертанням маховичка оптичного мікрометра проти годинникової стрілки дещо розводять штрихи A_1 та B_1 і обертанням маховичка за годинниковою стрілкою сполучають вказані штрихи;

7) беруть відлік II за шкалою оптичного мікрометра у секундах та записують його до таблиці.

Виконують вимірювання для установок алідади горизонтального круга на наступні 15° , для чого виконують дії за пунктами 1 – 7.

Далі виконують опрацювання результатів вимірювань. Для цього знаходять різниці

$$d = I - II$$

та середню квадратичну похибку одного сполучення штрихів

$$m_c = \sqrt{\frac{d^2}{2n}},$$

де n - число установок аліади (для досліджень стосовно горизонтального круга).

Для теодолітів типу Т2 середня квадратична похибка одного сполучення штрихів оптичного мікромметра не повинна перевищувати 0,6".

Приклад з послідовності установок, запису відліків та їх опрацювання під час визначення похибок сполучення штрихів горизонтального круга 2Т2 наведено у додатку 1.

Контрольні питання.

1. Користуючись рисунком, на якому показано схему двостороннього оптичного мікромметра, поясніть принцип його роботи.
2. Який порядок спостереження для дослідження похибок суміщення штрихів горизонтального круга?
3. Який порядок спостереження для дослідження похибок суміщення штрихів вертикального круга?
4. Вкажіть порядок опрацювання результатів вимірювань.
5. Який допуск мають теодоліти типу Т2 на похибки суміщення?

Лабораторна робота №3

ВИЗНАЧЕННЯ «МЕТРОВОГО» ХОДУ ОПТИЧНОГО МІКРОМЕТРА

Мета роботи: виконати дослідження оптичного мікрометра, а саме: визначити «метрвий» хід оптичного мікрометра.

Прилади та обладнання: теодоліт 2Т2, 3Т2КП.

«Мертвим» ходом оптичного мікрометра називається явище, коли під час обертання маховичка 1 оптичного мікрометра вже змінюються покази мікрометра 2 та ще не почали рухатись поділки круга 3 у полі зору мікрометра (рис. 3.1).

Порядок виконання лабораторної роботи.

Дослідження виконуються на різних установках алідади горизонтального круга через 15° , починаючи від 0° до 345° . На кожній установці двічі сполучають штрихи круга, обертанням маховичка оптичного мікрометра за і проти ходу годинникової стрілки. Перед кожною наступною установкою алідади, починаючи з другої, відлік на мікрометрі збільшують на величину

$$\varphi = \frac{\mu}{n},$$

де μ - ціна одного оберту маховичка оптичного мікрометра, n - число установок алідади. Для $\mu=10'$ та $n=24$ $\varphi=25''$.

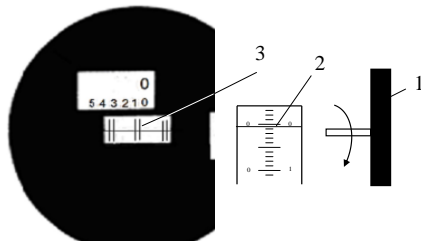


Рис. 3.1. Явище мертвого ходу

Для виконання досліджень теодоліт розміщують на штативі та горизонтують його. Встановлюють круг ліворуч. Роботою дзеркала теодоліта досягають яскравого зображення шкали оптичного мікрометра та штихів круга, а обертанням кремальєри окуляра оптичного мікрометра чіткого їх зображення. Потім:

1) встановлюють відлік за шкалою оптичного мікрометра близький до $0^{\circ}02''$ (рис. 3.2);

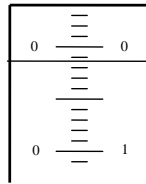


Рис. 3.2. Відлік за шкалою оптичного мікрометра $0^{\circ}01,3''$

2) тріпкою встановлюють відлік за горизонтальним кругом 0° ;

3) навідним гвинтом горизонтального круга точно сполучають другий з ліва верхній A_1 штрих круга з нижнім штрихом B_1 (рис. 3.3, а) та отримують відлік $0^{\circ}00'$ (рис. 3.3, б);

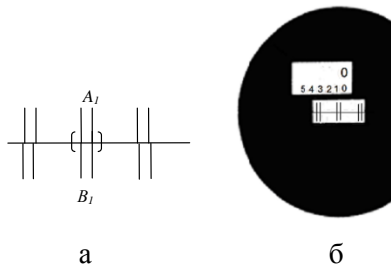


Рис.3.3. а - сполучення зображення A_1 верхнього та зображення нижнього B_1 штрихів горизонтального круга у полі зору відлікового мікроскопа; б – відлік за горизонтальним кругом $0^{\circ}00'$.

4) обертанням маховичка оптичного мікрометра проти годинникової стрілки дещо розводять штрихи A_1 та B_1 і

обертанням маховичка за годинниковою стрілкою сполучають вказані штрихи;

5) беруть відлік I за шкалою оптичного мікрометра та записують його до таблиці;

6) обертанням маховичка оптичного мікрометра за годинниковою годинниковою стрілки дещо розводять штрихи A_1 та B_1 і обертанням маховичка проти годинникової стрілки сполучають вказані штрихи;

7) беруть відлік II за шкалою оптичного мікрометра у секундах та записують його до таблиці.

Виконують вимірювання для установок алідади горизонтального круга на наступні 15° , для чого виконують дії за пунктами 1 – 7, не забуваючи попередньо встановити на шкалі оптичного мікрометра відлік кратний $25''$ та більший від попереднього на ті ж $25''$ (рис 3.4).

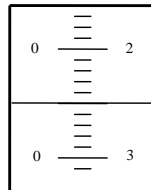


Рис 3.4. Відлік за мікрометром $0'25''$

Опрацювання результатів починають з визначення різниць

$$d = I - II,$$

та суми різниць $[d]$. Визначають систематичну похибку внаслідок «мертвого» ходу

$$d_{сер} = \frac{[d]}{n},$$

відхилення від середнього

$$v = d_i - d_{\text{сеп}},$$

суми відхилень $[v]$ та СКП однієї різниці

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}},$$

СКП середньої різниці (систематичної похибки)

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}.$$

Приклад з послідовності установок, запису відліків та їх опрацювання під час визначення похибок сполучення штрихів горизонтального круга 2Т2 наведено у додатку 2.

Окремі різниці d_i не повинні перевищувати $\pm 1''$.

Контрольні запитання

1. Що називають «мертвим» ходом оптичного мікрометра?
2. Який порядок спостереження для визначення «мертвого» ходу?
3. В яких межах повинно знаходитись значення «мертвого» ходу?
4. Який порядок опрацювання результатів вимірювань?
5. В який спосіб можна уникати «мертвий» хід під час спостережень?
6. Формули оцінки точності визначень «мертвого» ходу.

Лабораторна робота № 4

ВИЗНАЧЕННЯ РЕНА ОПТИЧНОГО МІКРОМЕТРА

Мета роботи: визначити рен оптичного мікрометра у теодолітах з двосторонньою відліковою системою.

Прилади та обладнання: теодоліт 2Т2, 3Т2КП.

Реном називають різницю між номінальним значенням ціни поділки горизонтального (вертикального) круга теодоліта та його фактичним значенням. Для теодолітів з двосторонньою системою відліку за горизонтальним (вертикальним кругом) з використанням оптичного мікрометра поняття рену конкретизується наступним чином. *Реном оптичного мікрометра* називають різницю між номінальним значенням половини поділки горизонтального (вертикального) круга теодоліта та його значенням, визначеним за допомогою оптичного мікрометра. Це пов'язано з тим, що під час руху маховичка (барабана) оптичного мікрометра переміщення діаметрально протилежних частин лімба виконуються на зустріч одна одній. Тому оптичний мікрометр вимірює не цілу поділку круга, а лише половину пройденого поділками шляху - половину поділки круга. Оскільки шкалу оптичного мікрометра градуують під час виготовлення достатньо точно, то за допомогою неї і вимірюють фактичне значення ціни поділки круга.

Зображення діаметрально протилежних поділок круга можуть передаватися у поле зору відлікового мікроскопа із різним збільшенням. Тому зображення верхньої поділки може не співпадати із зображенням нижньої поділки та не відповідати номінальному значенню, що і є причиною появи рена. Для теодолітів типу Т2 (2Т2, 3Т2КП), які мають ціну поділки круга $20'$, половина поділки складає $10'$. *Номінальним значенням* ціни поділки називають запроєктоване (необхідне) її значення.

Порядок виконання лабораторної роботи.

Теодоліт встановлюють на штатив та горизонтують його.

Встановлюють круг ліворуч. Вимірювання рена виконують через $45^{\circ}20'$, починаючи від нуля градусів, у прямому та зворотному ходах.

Для цього:

1) роботою маховичка на шкалі оптичного мікрметра встановлюють відлік $0'00''$ (рис.4.1,б);

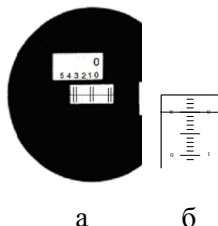


Рис. 4.1. Підготовка до вимірювань рену

2) тріпкою встановлюють відлік 0° (див. рис. 4.1,а);

3) навідним гвинтом горизонтального круга точно сполучають другий з ліва верхній штрих круга з нижнім штрихом (рис. 4.2, а);

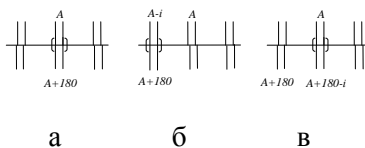


Рис. 4.2. Суміщення штрихів лімба горизонтального круга у полі зору відлікового мікроскопа: а – A та $(A+180^{\circ})$; б – $(A-i)$ та $(A+180^{\circ})$; в – A та $(A+180^{\circ})-i$; i – найменша поділка круга

4) поворотом маховичка оптичного мікрметра проти годинникової стрілкою розводять штрихи круга і точно сполучають їх за годинниковою стрілкою (див. рис. 4.2, а);

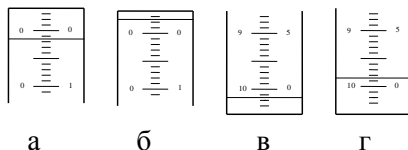


Рис. 4.3. Відліки за шкалою оптичного мікрометра:
 а – відлік +1,5"; б – відлік – 2,5"; в – відлік+1,4"; г - відлік – 1,5"

- 5) беруть відлік *I* за шкалою оптичного мікрометра, причому відлік здобутий нижче нуля шкали, має знак «+» (рис. 4.3, а), вище нуля шкали – знак « - » (рис. 4.3, б);
- 6) обертають маховичок оптичного мікрометра за годинниковою стрілкою до суміщення штрихів (*A-i*) та (*A+180°*) (див. рис.4.2, б) та беруть відлік *II*, причому відлік здобутий нижче 10' шкали, має знак «+» (див. рис. 3, в), вище 10' шкали – знак « - » (див. рис. 3, г);
- 7) звертають увагу на верхній штрих *A* та нижній під ним штрих (*A+180°*)-*i* та сполучають їх за годинниковою стрілкою та беруть відлік *III*.

Отримані відліки заносять до таблиці.

Виконують зворотний хід з визначення рену. Для цього проводять дії за пунктами 1 – 7, наведеними вище.

Обчислюють значення рена - верхнього r_a та нижнього r_n зображень (в секундах) за формулами

$$r_a = I - II ,$$

$$r_n = I - III .$$

Значення рену

$$r = \frac{r_a + r_n}{2} ,$$

та різницю

$$\Delta r = r_a - r_n,$$

які не повинні перевищувати 1,5" - для теодолітів типу Т2.

У додатку 3 наведено приклад з послідовності установок, запису відліків та їх опрацювання під час визначення рену теодоліта 2Т2.

Якщо величина рена перевищує припустиме значення, то його виправляють або ж вводять поправку за рен. В останньому випадку поправка за рен у відлік по горизонтальному (вертикальному) кругу обчислюється за формулою

$$v_r = \frac{r}{10'} c',$$

де c' – відлік по шкалі оптичного мікрометра у кутових мінутах.

Наприклад, величина рена склала $r=+2,30''$. Поправки до відліку по шкалі мікрометра наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Поправки за рен у відліки по шкалі оптичного мікрометра

c'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v_r	0	+0,2"	+0,5"	+0,7"	+0,9"	+1,2"	+1,4"	+1,6"	+1,8"	+2,1"	+0,2"

Якщо відлік по шкалі оптичного мікрометра дорівнює $179^{\circ}25'32,4''$, то поправка за рен для 5' складе $v_r=+1,2''$, а виправлене значення відліку складе $179^{\circ}25'32,4'' + (+1,2'') = 179^{\circ}25'33,6''$.

Контрольні запитання

1. Що таке рен, рен оптичного мікрометра з двосторонньою системою відліку?
2. Що таке номінальне значення ціни поділки?
3. Який порядок визначення та обчислення рена, поправок?

ВИЗНАЧЕННЯ РІЗНИЦІ ВИСОТ НУЛІВ ПАРИ РЕЙОК

Мета роботи: Визначити різницю висот нулів пари рейок.

Прилади та обладнання: нівелір НЗ або НЗК, пара рейок з різницею «п'яток» 100 мм.

Різницею висот нулів рейок («п'яткою» рейки) називають різницю відліків по червоній та чорній сторонах рейки.

Порядок виконання лабораторної роботи.

Встановлюють нівелір в робоче положення. На відстані близько 20 м від нівеліра міцно забивають в землю 4 кілки різної довжини і в їх торці забивають цвяхи з напівсферичними головками. У першому прийомі послідовно на кожен кілок ставлять першу рейку і роблять відліки по червоній і чорній сторонах. Потім на ці ж кілки встановлюють другу рейку та роблять відліки по обох сторонах. Після зміни висоти нівеліра на 5 - 7 см виконують другий такий же прийом.

Проводять опрацювання результатів вимірювань. Для цього обчислюють: різниці висот нулів для кожної з рейок, суми висот нулів; суми відліків, взятих по чорним сторонах та суми відліків, взятих по червоним сторонах рейок; середні значення для кожної з сум (додаток 4).

Контроль: різниця середнього значення з відліків по червоній стороні рейки та середнього значення з відліків по чорній стороні рейки повинна дорівнювати середньому значенню з різниць відліків – для обох рейок.

У підсумку отримують значення різниці висот нулів для кожної з рейок, як середні значення з різниць відліків по червоних та чорних сторонах рейок, які заокруглюють до цілих міліметрів.

Визначають різницю висот нулів пари рейок, як різницю висот нулів для кожної з рейок.

З отриманою різницею висот нулів пари рейок порівнюють різницю значень перевищень на станції, отримані по чорним і червоним сторонах рейок.

Контрольні питання

1. Який порядок спостереження для визначення різниці висот нулів пари рейок та що означає це поняття?
2. Вкажіть порядок опрацювання результатів вимірювань.

Лабораторна робота №6

ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИ МЕТРОВИХ ІНТЕРВАЛІВ ШАШКОВИХ РЕЙОК

Мета роботи: Визначити довжини метрових інтервалів шашкових рейок.

Прилади та обладнання: нівелір НЗ або НЗК, пара рейок з різницею «п'яток» 100 мм, контрольна лінійка, лупа.

Порядок виконання лабораторної роботи.

Рейку розташовують горизонтально на опорах. Проглядають поділки по чорній стороні: 01; 10; 20; 29 та поділки по червоній стороні: 48; 57; 67; 76 за допомогою лупи. Якщо вказані поділки мають на початку «рвані» контури, то гостро відточеним олівцем по металевій лінійці відмічають тонким штрихом крайки шашкових поділок.

Вимірювання починають з чорної сторони. На площину рейки кладуть контрольну лінійку та беруть відліки по лівому та правому її кінцях за шкалою, яка має ціну поділки 0,02 мм, на вказаних вище поділках рейки. Кожний інтервал вимірюється двічі. Перед початком другого вимірювання контрольну лінійку дещо зсовують, чим змінюють відліки за лінійкою. Різниці відліків по правому та лівому кінцях контрольної лінійки не повинні перевищувати 0,1мм. Після вимірювання всіх інтервалів

(прямий хід) виконуються вимірювання у зворотному ході. Причому, у зворотному ході контрольну лінійку повертають на 180° .

Аналогічно виконуються вимірювання інтервалів червоної сторони рейки.

Перед початком вимірювань у прямому та зворотному ходах визначають та занотують температуру контрольної лінійки з точністю до $0,1^\circ\text{C}$ і вводяться поправки у її довжину.

Підчас опрацювання визначають: середнє з різниць по кінцях контрольної лінійки, у які вводять поправку за температуру; суми відліків по лівому та правому кінцях та суму різниць середніх відліків по правому та лівому кінцях; суму поправок за температуру. Обчислюють довжини виміряних інтервалів, як суми середніх різниць відліків по кінцях контрольної лінійки та поправок за температуру і суму виправлених інтервалів.

Контроль: різниця сум відліків по кінцях контрольної лінійки дорівнює сумі різниць цих відліків; сума сум середніх різниць та поправок за температуру дорівнює сумі довжин частин виміряних інтервалів (додаток 5).

ВИЗНАЧЕННЯ ПОСТІЙНОЇ ПОПРАВКИ ЕЛЕКТРОННОГО ВІДДАЛЕМІРА

Мета роботи: Визначити постійну поправку електронного віддалеміра.

Прилади та обладнання: електронний тахеометр TRIMBLE 3305 DR, три штатива, відбивач.

Для визначення відстаней, вимірних світло- чи радіовіддалемірами та електронними тахеометрами, необхідно знати сталу, яку прийнято називати постійною поправкою. Потреба в цьому виникає через неспівпадання осей обертання електронного віддалеміра на величину c_1 і відбивача – на величину c_2 з випромінюючою поверхнею віддалеміра та відбивною поверхнею відбивача (рис.7.1). Тоді буде виміряна відстань S_B , а не фактична відстань S_ϕ між точками А та В.

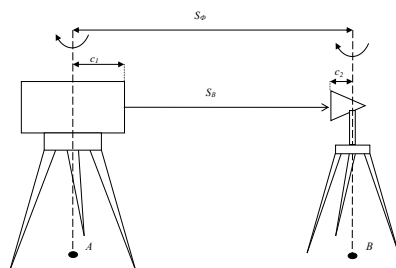


Рис. 7.1. До визначення постійної поправки електронного віддалеміра

Постійною поправкою електронного віддалеміра та відбивача називають сумарне неспівпадання осей обертання електронного віддалеміра і відбивача з випромінюючою поверхнею віддалеміра та відбивною поверхнею відбивача. Як видно з рис. 7.1 постійна поправка ν дорівнює

$$c = c_1 + c_2 .$$

Значення постійної поправки можна знайти у паспорті електронного віддалеміра чи тахеометра, у інтернет-джерелах, які стосуються відповідного типу приладу. Для отримання надійного її значення краще визначити величину поправки перед початком польових робіт. Необхідність у визначенні постійної поправки виникне і тоді, коли для вимірювання відстаней застосовується відбивач з комплекту іншого віддалеміра.

На практиці постійну поправку визначають наступними способами: 1) виконуються вимірювання коротких інтервалів відомої довжини в межах фазового циклу, 2) вимірюється контрольний базис довжиною 300 — 500 м, 3) вимірюється кілька ліній, довжини яких попередньо визначені із заданою точністю. При цьому постійна поправка визначається як різниця між відомою (фактичною) довжиною відрізка та виміряним його значенням за допомогою електронного віддалеміра. Дійсно, з рис. 7.1 випливає

$$v = S_{\phi} - S_B = -(c_1 + c_2) = -c.$$

У випадку вимірювання кількох відрізків визначають декілька значень поправки та обчислюють її середню величину. Недоліком усіх цих способів є необхідність попереднього вимірювання інтервалів з точністю $(1-2) \cdot 10^{-6}$ – для геодезичних і топографічних світловіддалемірів та $(3-5) \cdot 10^{-7}$ – для високоточних світловіддалемірів. Такі точно виміряні відрізки, які називають *зразковими базисами*, не завжди знайдуться навіть у містах обласного підпорядкування.

У іншому варіанті вимірюються кілька ліній, розташованих у створі, у всіх можливих комбінаціях (рис. 7.2). При цьому вимірювання виконуються з штативів, а тому немає необхідності у закріпленні точок на місцевості та попередньому точному вимірюванні ліній. Електронним віддалеміром вимірюють відстані S_{12} , S_{13} , S_{23} . Постійна похибка c входить у кожному з виміряних ліній. Якщо постійна похибка c дорівнює нулю, то значення ліній складе: S'_{12} , S'_{13} , S'_{23} . Постійна поправка обчислюється за формулою

$$v = S_{13} - S_{12} - S_{23} = S'_{13} + c - S'_{12} - c - S'_{23} - c = -c$$

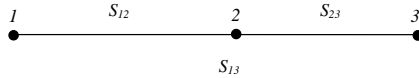


Рис. 7.2. Створний спосіб визначення постійної поправки

Обов'язковою умовою для реалізації створного способу є розташування штативів на одній лінії, як у плані так і по висоті.

На кафедрі геодезії, картографії та землеустрою запропоновано спрощений квазістворний безбазисний спосіб визначення постійної поправки.

Порядок виконання лабораторної роботи.

На місцевості розташовують три штативи на відстані близько 10 м один від одного. Причому, середній штатив встановлюється як у плані так і по висоті у створну лінію крайніх – «на око».

Виконуються наступні вимірювання та маніпуляції. На першому крайньому штативі вимірювалася похила відстань S_{13} , визначався відлік по горизонтальному кругу Γ_{13} та відлік по вертикальному кругу B_{13} тахеометра на штативу під № 3; похила відстань S_{12} ; визначався відлік по горизонтальному кругу Γ_{12} та відлік по вертикальному кругу B_{12} тахеометра на відбивач середнього штативу під № 2, який переносився з штатива № 1 на штатив № 2. Це перший цикл вимірювань (рис. 7.3).

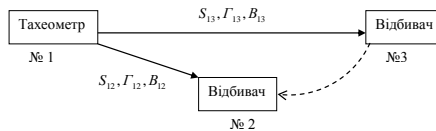


Рис. 7.3. Перший цикл вимірювань

Другий цикл є спрощеним (рис. 7.4). Вимірюється тільки відстань S_{32} на відбивач штатива № 2. Це один прийом вимірювань.

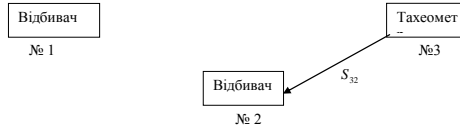


Рис. 7.4. Другий цикл вимірювань

Значення постійної поправки обчислюється за формулою

$$v = S_{13} - S_{12} - S_{32} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_{12}} + \frac{1}{S_{32}} \right) (\Delta_B^2 + \Delta_\Gamma^2),$$

де $\Delta_\Gamma = S_{12} \cos \nu_{12} \sin \beta_1$ – поперечний зсув середнього штатива відносно створної лінії крайніх в плані,

$\Delta_B = \frac{S_{13}}{2} \operatorname{tg}(\nu_{13} - \nu_{12})$ – зсув середнього штатива відносно створної лінії крайніх по висоті.

Число N прийомів вимірювань для визначення постійної поправки визначається за формулою

$$N = 27 \frac{a^2}{m_s^2}$$

де a – СКП вимірювання мінімальної відстані електронним тахеометром; m_s – необхідна СКП вимірювання відстаней. Так, для електронного тахеометра TRIMBLE 3305 DR $a = 2$ мм, а для вимірювань ліній у 2 розряді полігонометрії $m_s = 10$ мм. Тоді $N = 1$. Однак, в геодезії не виконують одноразових визначень, тому застосовують 3 прийоми вимірювань та з них визначається середнє значення постійної поправки (додаток 6).

Контрольні питання

1. Вкажіть на особливості відомих способів з визначення постійної поправки.
2. Яка технологія вимірювань у квазістворному способі визначення постійної поправки ?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. МЕТОДИЧНІ вказівки до виконання лабораторних робіт з геодезичного інструментознавства / Укл.: Боровий В.О. – Київ: КІБІ, 1991. – 72 с.
2. КРЯЧОК С.Д., ПОТЕРУХА В.О. Експериментальні дослідження сталої електронного тахеометра в польових умовах / С.Д. Крячок, В.О. Потеруха // Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. – № 3 (5). – С. 156-163.

Визначення похибок сполучення штрихів горизонтального круга теодоліта. № 042

Установка аліади	Відлік по мікрометру		d=I-II	d ²	Установка аліади	Відлік по мікрометру		d=I-II	d ²
	I	II				I	II		
0°	1,4"	2,0"	-0,6	0,36	180°	0,6"	0,8"	-0,2	0,04
15	21,2	21,4	-0,2	0,04	195	7,6	7,4	+0,2	0,04
30	23,6	23,4	+0,2	0,04	210	3,2	3,6	-0,4	0,16
45	18,0	17,4	+0,6	0,36	225	3,4	2,8	+0,6	0,36
60	17,0	17,0	0	0	240	25,8	25,4	+0,4	0,16
75	7,4	7,4	-0,4	0,16	255	27,8	27,4	+0,4	0,16
90	15,0	15,0	-0,2	0,04	270	33,0	32,6	+0,4	0,16
105	2,5	2,2	+0,4	0,16	285	33,6	33,8	-0,2	0,04
120	9,8	10,4	-0,6	0,36	300	59,4	59,6	-0,2	0,04
135	14,4	14,2	+0,2	0,04	315	59,2	59,4	-0,2	0,04
150	8,4	8,2	+0,2	0,04	330	44,8	45,2	-0,4	0,16
165	10,6	11,0	-0,4	0,16	345	33,4	33,0	+0,4	0,16
			Сума	1,76				Сума	1,52
Середня квадратична похибка одного сполучення штрихів $m_c = \sqrt{3,28/48} = 0,26'' < 0,60''$									

Визначення «мертвого» ходу оптичного мікрометра геооліта № 042

Установка алідади	Відлік по мікрометру для сполучення штрихів		d= I-II	v= d-d _{сер}	V ²	Установка алідади	Відлік по мікрометру для сполучення штрихів		d=I- II	v= d-d _{сер}	V ²
	за годин. стрілк.	проти годин. стрілки					за годин. стрілк. I	проти годин. стрілки II			
0°	0' 00,8"	1,4"	-0,6	-0,84	0,706	180°	4' 55,2	55,0	+0,2	-0,04	0,002
15	25,9	26,3	-0,4	-0,64	0,410	195	5 20,7	20,1	+0,6	+0,36	0,130
30	50,2	49,6	+0,6	+0,36	0,130	210	45,8	45,2	+0,6	+0,36	0,130
45	1 15,4	15,8	-0,4	-0,64	0,410	225	6 10,3	09,7	+0,6	+0,36	0,130
60	39,8	39,6	+0,2	-0,04	0,002	240	35,5	35,5	0	-0,24	0,058
75	2 05,0	04,2	+0,8	+0,56	0,314	255	7 01,7	01,5	+0,2	-0,04	0,002
90	30,4	30,2	+0,2	-0,04	0,002	270	30,5	30,1	+0,4	+0,16	0,026
105	55,4	54,6	+0,8	+0,56	0,314	285	55,0	55,0	0	-0,24	0,058
120	3 20,5	19,7	+0,8	+0,56	0,314	300	8 20,5	19,9	+0,6	+0,36	0,130
135	45,2	45,4	-0,2	-0,44	0,194	315	45,0	45,4	-0,4	-0,64	0,410
150	4 03,3	03,3	0	-0,24	0,058	330	9 10,6	09,8	+0,8	+0,56	0,314
165	30,2	29,8	+0,4	+0,16	0,026	345	35,1	35,1	0	-0,24	0,058
		Сума	+2,2	-0,68	2,88			Сума	3,6	+0,72	1,448
d _{сер} = +5,8"/24 = +0,24"; СКП однієї різниці $m_{\text{р}} = \sqrt{4,328/23} = 0,43"$; СКП середньої різниці M = 0,434/√24 = 0,09"											

Визначення рена оптичного мікрометра у теодоліта № 042
 $r_a=+0,155$; $r_n=+0,475$; $r=+0,32$; $\Delta r=-0,32$; допуск $\pm 1,5$

		Прямий хід					Зворотний хід						
Відлік по лімбу	I	II	III	r_a	r_n	Відлік по лімбу	I	II	III	r_a	r_n		
				I-II	I-III					I-II	I-III		
0°00'	+0,2 +0,8	-0,2 -0,2	-1,9 -1,3	+0,4 +1,0	+2,1 +2,1	22°20'	-2,0 -2,0	-2,2 -2,0	-3,0 -2,5	+0,2 0,0	+1,0 +0,5		
45 20	0,0 -0,7	0,0 -0,2	-1,0 -1,0	0,0 +0,5	+1,0 +1,3	67 40	+1,6 +1,6	+1,9 +1,3	+0,4 +0,6	-0,3 +0,3	+1,2 +1,0		
90 40	+0,9 +0,8	-0,8 -0,9	-0,2 -0,2	+1,7 +1,7	+1,1 +1,0	112 00	0,0 0,0	+0,3 +0,3	+0,4 +0,2	-0,3 -0,3	-0,4 -0,2		
135 00	+1,8 +1,4	+2,2 +2,4	+2,6 +2,0	-0,4 -1,0	-0,8 -0,6	157 20	-1,0 -0,4	+0,8 +1,3	+0,8 +0,6	-1,8 -1,7	-1,9 -1,0		
180 20	+0,5 +0,2	+0,6 +1,1	+0,7 +1,0	-0,1 +0,1	-0,2 +0,2	202 40	+0,4 +0,7	+0,6 -0,2	-0,9 -1,0	+0,8 +0,9	+2,3 +1,7		
225 40	+0,8 +0,2	+1,2 +1,2	+0,5 +1,0	-1,0 -0,4	-0,3 -0,2	247 00	0,0 -0,4	-0,9 -0,4	-0,2 -1,0	+0,9 0,0	+0,2 +0,6		
270 00	-2,0 -2,0	-2,2 -2,4	-1,0 -1,9	+0,2 +0,4	-1,0 -0,1	292 20	-0,8 -1,0	-0,5 -1,4	-1,2 -0,9	-0,3 +0,4	+0,4 -0,1		
315 20	-1,0 -1,2	-1,4 -2,0	-2,1 -1,9	+0,4 +0,8	+1,1 +1,7	337 40	+1,1 +0,9	-0,2 -0,6	-0,8 -0,7	+1,3 +1,5	+1,9+ +1,6		
Середнє							Середнє						
							+0,21					+0,40	
												+0,10	+0,55

Визначення різниці висот нулів шашкових рейок № 21, 22									
№ прийома	№ кілка	Відліки по рейці № 21 (1)				Відліки по рейці № 22 (2)			
		чорний бік	чорний бік	чорний бік	чорний бік	чорний бік	чорний бік	чорний бік	чорний бік
1	1	363	5150	4787	362	5051	4689		
	2	412	5200	4788	362	5099	4688		
	3	491	5277	4786	491	5178	4687		
	4	592	5379	4787	591	5279	4688		
2	1	409	5196	4787	410	5099	4689		
	2	457	5245	4788	458	5147	689		
	3	538	5325	4787	539	5227	4688		
	4	638	5426	4788	636	5325	4689		
	Сума відліків	3900	42198	38298	3898	41405	37507		
	Середнє	487.5	5274.8	4787.3	487.2	5175.6	4688.4		
Різниця висот нулів червоної і чорної сторін: рейки 1 4787 мм.; рейки 2 4688 мм.									
Різниця висот нулів рейок (1 - 2): 4787-4688=+99 мм; (2 -1): 4688-4787=-99 мм;									

Визначення довжки метрових інтервалів рейки № 21 (чорна сторона)

Інтервал рейки	Відліки по контрольній лінійці			Середнє П-Л, мм	Температура лінійки, °С	Поправка за t, мм	Довжина інтервалу, м
	Л	П	П-Л				
01-10	0,00	900,14	900,14				
	0,44	900,54	900,10	900,12		-0,11	900,01
10-20	0,10	1000,24	1000,14		+8,6		
	0,36	1000,55	1000,19	1000,16		-0,11	1000,05
20-29	0,08	900,06	899,98				
	0,30	900,24	899,94	899,96		-0,11	899,85
Зворотній хід							
29-20	0,14	900,10	899,96				
	0,28	900,18	899,90	999,93		-0,11	899,82
20-10	0,00	1000,10	1000,10		+8,7		
	0,50	1000,64	1000,14	1000,12		0,11	1000,01
10-01	0,12	900,22	900,10				
	1,36	900,48	900,12	900,11		-0,11	900,00
Сума	3,68	11204,49	11200,81	5600,40		-0,66	5599,74
Середня довжина метрових інтервалів рейки №21 складає: 5599,74/5,6=999,95 мм (чорна сторона)							

Визначення постійної поправки тахеометра TRIMBLE 3305 DR № 1234
та відбивача №12 віддалеміра СТ-5

№ прийома	№ станції	Виміряні відстані та кути			Середнє значення	Розрахунок поправки віддалеміра	
		S ₁₃	20,455	54			53
1	1	S ₁₃	20,455	54	53	S _{13,сер} 20,4540	
	1	S ₁₂	10,128	28	27	S _{12,сер} 10,12767	
	3	S ₃₂	10,367	65	65	S _{12,сер} 10,36567	
	Напрямки				Кути	A	-0,03934
	міра	°	'	"		B	0,09761
	Г ₃	327	16	20	β	Δ ² _B	0,00237
	Г ₂	337	19	48		Δ ² _Г	0,00010
	B ₁₃	3	37	22	v _{13 - v12}	v	-0,03910
	B ₁₂	3	53	39	v ₁₂	Кінцеве значення	-0,039
	$A = S_{13} - S_{12} - S_{32}; B = 0,5 (I/S_{12} + I/S_{32}); \Delta^2_{Г} = (S_{12} \cos v_{12} \sin \beta)^2;$ $\Delta^2_{B} = [0,5 S_{13} \operatorname{tg}(v_{13} - v_{12})]^2 \quad v = A + B (\Delta^2_{B} + \Delta^2_{Г})$						