

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від «21» травня 2020 р. №1

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

«ПЕРЕВІРКИ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ ПРИЛАДІВ»

для студентів освітнього рівня «бакалавр»
денної форми навчання
спеціальності 184 «Гірництво»
освітньо-професійна програма «Гірництво»
гірничо-екологічний факультет
кафедра маркшейдерії

Розглянуто і рекомендовано
на засіданні кафедри маркшейдерії
протокол від «04» лютого 2020 р. № 1

Розробники: к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії Котенко В.В.
асистент кафедри маркшейдерії Куницька М.С.

Житомир
2020 рік

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з дисципліни «Перевірки маркшейдерських приладів» (для студентів освітнього ступеню «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальності 184 «Гірництво», / В.В. Котенко, М.С. Куницька. – Житомир: Житомирська політехніка, освітньо – професійна програма «Гірництво» 2020. – 40 С.

Упорядники:

Котенко Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Куницька Марина Сергіївна, асистент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Відповідальний за випуск:

Котенко Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Рецензенти:

Соболевський Руслан Вадимович, доктор технічних наук, професор кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

Хоменчук Олег Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т., Житомирська політехніка.

Зміст

Вступ.....	4
ПЛАН –ГРАФІК РОБОТИ.....	5
ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ ОКРЕМИХ ТИПІВ РОБІТ	6
Практична робота №1. Перевірка теодоліта.....	9
Практична робота №2. Дослідження точності зняття відліку по шкалі відлікового пристрою теодоліта.....	16
Практична робота №3. Дослідження рена відлікового пристрою теодоліта.....	18
Практична робота №4. Дослідження ексцентриситету аліади горизонтального круга.....	20
Практична робота №5. Визначення ексцентриситету аліади вертикального кола теодоліта.....	26
Практична робота №6. Дослідження середньої квадратичної помилки вимірювання горизонтального кута теодолітом	27
Практична робота №7. Перевірка і дослідження нівеліра.....	30
Практична робота №8. Дослідження зорових труб теодоліта і нівеліра	33
Практична робота №9. Дослідження нівелірних рейок	36
Вимоги до оформлення звіту і порядок захисту роботи	38
Список рекомендованої літератури.....	39

ВСТУП

Робота з досліджень маркшейдерсько-геодезичних приладів виконується студентами освітньо – професійної програми "Маркшейдерська справа" з метою закріплення й узагальнення теоретичних знань за курсом "Маркшейдерсько – геодезичні прилади" і придбання практичних навичок по дослідженню і роботі з нівелірами й оптичними теодолітами.

Насамперед, необхідно з'ясувати, чи придатний той чи інший прилад для виконання маркшейдерських робіт визначеного виду і класу точності. Дослідження приладу дозволить добре його освоїти й одержати об'єктивні дані про його технічний стан і точність. У процесі дослідження пізнаються індивідуальні особливості приладу, і відпрацьовуються раціональні прийоми виконання окремих операцій.

Зміст роботи включає проведення ряду досліджень сучасних нівелірів і оптичних теодолітів. Результати досліджень порівнюють з допусками, зазначеними в паспортах приладів, в інструкціях з виробництва відповідні видів маркшейдерсько-геодезичних робіт і у відповідних Дст.

Для виконання роботи крім дійсних вказівок і відповідної літератури варто користатися заводською інструкцією з експлуатації конкретного приладу з метою вивчення особливостей конструкції, розташування рукояток керування, юстировочних гвинтів і т.д.

Результатом вивчення дисципліни є набуття студентами таких компетенцій:

- організувати перевірочні роботи для маркшейдерських та геодезичних приладів; – виконувати окремі перевірочні роботи для приладів;
- –виконувати математичну обробку результатів перевірочних робіт маркшейдерських і геодезичних приладів;
- робити висновки про результати перевірок маркшейдерських і геодезичних приладів;
- оформлювати результати перевірочних робіт у вигляді актів чи протоколів перевірок.

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослідження маркшейдерсько-геодезичних приладів виконується відповідно до розробленого графіка.

Для виконання роботи і її окремих етапів організуються заняття згідно розкладу і самостійна робота студентів. Заняття проводяться в лабораторіях кафедри маркшейдерії чи на інших місцях, зазначених викладачем.

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ, ДОСЛІДЖЕНЬ МАРКШЕЙДЕРСЬКО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ, ЇХНІЙ ЗМІСТ І ОБСЯГ

Робота виконується по одній темі: “Перевірки маркшейдерських приладів”.

При видачі завдання кожному студенту формується тема роботи, у якій вказуються конкретні типи досліджуваних приладів. На бригаду студентів видається один прилад (нівелір чи теодоліт), дослідження якого необхідно виконати.

Експериментальну частину роботи робить уся бригада. Керівник визначає обсяг вимірів кожному члену бригади при виконанні кожного етапу роботи, зазначеного в табл. 1.1.

План – графік роботи

Таблиця 1.1.

№ етапу	№ тижня	Вид виконуваної роботи	Обсяг годин	
			За розкладом	Самостійно
1	2	3	4	5
1	1 і 2	Ознайомлення з приладами, проведення їхнього зовнішнього огляду. Вивчення конструкції приладу, системи осей, рукояток керування, оптичних схем зорової труби і відлікових пристроїв. Вимір кутів теодолітом і визначення перевищень нівеліром.	4	12
2	3 і 4	Перевірка теодоліта. Дослідження рена відлікового пристрою теодоліта.	12	26
3	5 і 6	Дослідження ексцентриситету аліади горизонтального круга. Дослідження ексцентриситету аліади вертикального круга.	16	26
4	7 і 8	Дослідження середньої квадратичної помилки вимірювання горизонтального кута теодолітом.	8	13

5	9 і 10	Перевірка і дослідження нівеліра.	8	13
6	11 і 12	Дослідження зорових труб теодоліта і нівеліра. Дослідження нівелірних рейок.	16	26
7	13 і 14	Складання відліку про виконану роботу і його захист.	2	5

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ ОКРЕМИХ ЕТАПІВ РОБОТИ

1. ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ПРИЛАДАМИ

Одержавши прилад і відкривши шухляду (футляр), потрібно, насамперед докладно ознайомитися з укладанням приладу, щоб уникнути утруднень при зворотному його укладанні. Вийнявши прилад, необхідно обережно установити його на заздалегідь приготовлений штатив і закріпити становим гвинтом. Теодоліт не можна піднімати за зорову трубу. Не можна чіпати руками об'єктива, окуляра й інших зовнішніх оптичних деталей.

Зовнішнім оглядом приладу установлюють відсутність видимих ушкоджень: тріщин на оптиці й ампулах рівнів, подряпин і вм'ятин на пофарбованих поверхнях, вигинів осей і гвинтів. Перевіряють плавність і розмірність ходу піднімальних і навідних гвинтів, ефективність дії при невеликих зусиллях закріпних гвинтів. Переконуються в легкості і плавності обертання алідадної частини теодоліта, зорової труби й в урівноваженості останньої.

Перевіряють стійкість штатива і підставки приладу. Для цього трубу наводять на сигнал, ретельно закріпивши всі закріпні гвинти. Взевшись обома руками за столик штатива і спостерігаючи в зорову трубу, легким зусиллям намагаються розвернути штатив з теодолітом в одну сторону, а потім у протилежну, щораз знімаючи руки зі столика штатива. Зсув зображення не повинний перевищувати половину ширини бісектора. Якщо після кожного повороту зображення повертається на колишнє місце (мають місце пружні деформації), то штатив має достатню стійкість. Якщо ж зображення не повертається на величину, що перевищує товщину штриха сітки ниток, то необхідно зміцнити башмаки, а ніжки штатива щільно стягти зі підставкою штатива.

Переконавши в стійкості штатива, перевіряють стійкість підставка, виконуючи ті ж операції взявшись руками за підставку. Якщо підставка хитлива, регулюють хід

піднімальних гвинтів. Для цього піднімальний гвинт обертають доти, поки в отворі манжета не з'явиться отвір регулювальної гайки. За допомогою шпильки обертають гайку, регулюючи цим хід піднімального гвинта. Якщо регулювання ходу піднімальних гвинтів до бажаних результатів не приводить, то за допомогою викрутки підтягують гвинти трегера і стопорять їх гайками.

Переконавши в стійкості штатива і підставки теодоліта, візують на сигнал і беруть відлік по горизонтальному колу α_1 . Роблять 10 оборотів аліади по годинній стрілці і потім 10 оборотів проти годинникової стрілки, після чого візують знову на сигнал і беруть відлік - α_2 . Визначають зсув $\Delta\alpha_1 - \alpha_2$. Для теодолітів типу Т5, Т15, Т30, Т30М и 2Т30 $\Delta\alpha$ відповідно не повинно перевищувати 6", 12", 30", 60" і 30". Якщо відхилення більше допуску, то шляхом зовнішнього огляду знову уважно визначають надійність зв'язків, зчленувань усього приладу і якщо це можливо, усувають несправність. Потім знову визначають зсув $\Delta\alpha$. Якщо ж і в цьому випадку $\Delta\alpha$ більше допуску, то теодоліт варто відправити на ремонт у майстерню. У ході зовнішнього огляду необхідно твердо усвідомити призначення всіх зовнішніх частин і гвинтів приладу. Результати зовнішнього огляду викладаються узвіті про виконану роботу, причому особливо відзначаються всі недоліки приладу, виявлені в процесі огляду.

2. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИЛАДУ, СИСТЕМИ ОСЕЙ, РУКОЯТОК КЕРУВАННЯ, ОПТИЧНИХ СХЕМ ЗОРОВОЇ ТРУБИ І ВІДЛІКОВИХ ПРИСТРОЇВ.

При вивченні конструкції конкретного маркшейдерсько-геодезичного приладу необхідно, насамперед, ретельно проробити відповідні розділи курсу лекцій по дисципліні "Маркшейдерсько-геодезичні прилади", навчальної і довідкової літератури, присвяченої даному приладу.

У відліку варто привести схему розташування основних частин приладу, а також докладну оптичну схему приладу. До зарисованої схеми необхідно дати короткий опис окремих оптичних деталей і вузлів (призм, дзеркал, об'єктивів, окулярів і ін.) і їхнє призначення.

Особлива увага варто приділити вивченню оптичної схеми відлікового пристрою приладу.

3. ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ ТЕОДОЛІТОМ І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ НІВЕЛПРОМ

Цей етап виконується в лабораторії після ознайомлення з приладами і вивчення особливостей їхньої конструкції. Теодолітом вимірюють горизонтальні кути, а нівеліром перевищення.

Після виконання перших трьох етапів роботи студент повинний безпомилково знати призначення всіх деталей досліджуваних приладів, уміти чітко і вчасно виконувати відповідні виміри.

Потім приступають до перевірки приладів.

Правильність перевірки й уміння виконувати виміри контролюються викладачем. Контрольні кути і перевищення, нормативи за часом і точністю задаються індивідуально кожному студенту.

Після здачі нормативів студент допускається до дослідження приладів.

Практична робота №1

Перевірка теодоліта

Мета: Опанувати методику виконання перевірки теодоліта

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ №_____, штатив ШР-160

Теоретичні відомості

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

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

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

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

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

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

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

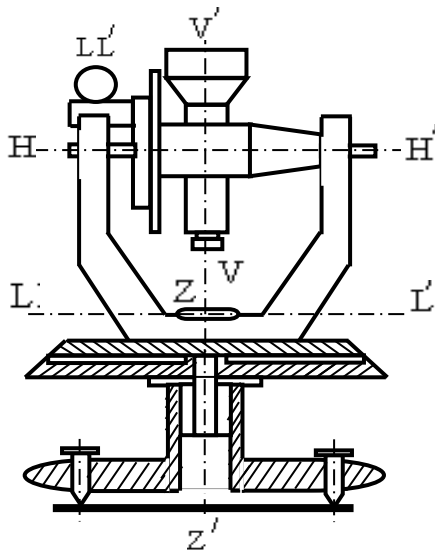


Рис.1.1. Геометричні елементи теодоліта

- вісь обертання труби HH' повинна бути перпендикулярна до осі обертання приладу ZZ' (перевірка нахилу осі обертання зорової труби);
- вісь L_1L_1' рівня при алідаді вертикального круга, встановлена горизонтально, повинна бути рівнобіжна візирної осі зорової труби VV' при відліку по вертикальному колу рівному 0° чи 180° (перевірка місця нуля);
- компенсатор відлікової системи вертикального круга повинний забезпечувати незмінність відліку по вертикальному колу при нахилі вертикальної осі теодоліта на кут до $3'$ від прямовисного положення (перевірка для теодоліта з компенсатором);
- вертикальна вісь оптичного центрира, верхній центр на трубі теодоліта в її горизонтальному положенні і крапка підвісу нитяного схилу повинні збігатися з віссю обертання приладу ZZ' (перевірка пристроїв для центрування теодоліта).

1.1 Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга

Для виконання даної перевірки алідаду повертають так, щоб рівень установився по напрямку двох піднімальних гвинтів підставки. Обертанням цих гвинтів у протилежних напрямках виводять пухирець рівня на середину. Повертають алідаду на 90° і третім піднімальним гвинтом знову встановлюють пухирець рівня на середину. Потім повертають алідаду на 180° . Якщо пухирець відхилився від середнього положення, половину відхилення виправляють піднімальним гвинтом підставки, а другу половину – юстировочними гвинтами рівня. Перевірку повторюють.

1.2. Перевірка правильності установки сітки ниток

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

1.3. Перевірка компенсатора

Точність і діапазон роботи компенсатора перевіряють у такий спосіб. Спочатку визначають діапазон роботи компенсатора, що повинний бути не менш трьох хвилин. Для цього встановлюють теодоліт за рівнем, закріплюють зорову

трубу й алідаду в положенні, при якому один з піднімальних гвинтів підставки розташовується в колімаційній площині зорової труби. Беруть відлік по вертикальному колу і, повільно обертаючи зазначений піднімальний гвинт, спостерігаючи за зсувом штриха вертикального круга щодо шкали мікроскопа до моменту його зупинки. Беруть відлік по вертикальному колу і порівнюють його з попереднім відліком. Різниця між ними характеризує діапазон роботи компенсатора від середнього положення в одну сторону. Аналогічно перевіряють діапазон роботи компенсатора в іншу сторону, обертаючи піднімальний гвинт у протилежному напрямку.

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

Точність роботи компенсатора визначають у такий спосіб:

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

- повторюють наведення і знову беруть відлік, обчислюють середнє арифметичне β_0 із двох відліків;

- установлюють на вертикальному колі відлік $U_0 + 3'$ обертанням навідного гвинта зорової труби;

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

- повторюють наведення і знову беруть відлік.

Середні арифметичні значення першої і другої пари відліків не повинні відрізнятися більш ніж на 6" для теодолітів типу Т5К і 24" – для теодолітів типу Т15К. Потім перевірку повторюють, нахилиючи теодоліт від середнього положення в протилежну сторону, попередньо установивши відлік по вертикальному колу $\beta_0 + 3'$. При незадовільних результатах роблять висновок про необхідність ремонту теодоліта в майстерні.

1.4. Перевірка колімаційної погрішності

Установивши за допомогою рівня вісь обертання приладу в прямовисне положення, візують на вибрану крапку, розташовану приблизно на одній висоті з теодолітом, при двох положеннях зорової труби – *КІ* і *КІІ*. Після кожного наведення беруть відповідно відліки по горизонтальному колу L_1 і P_1 . Звільнивши закріпний гвинт підставки, повертають теодоліт на 180°, закріплюють його і знову горизонтують. Знову візують на ту ж крапку при двох положеннях труби і беруть відліки L_2 і P_2 . Значення колімаційної погрішності обчислюють по формулі: 1.1.

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

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

$$П = П_2 - C \quad (1.2)$$

Юстировочними гвинтами переміщують сітку в горизонтальному напрямку до сполучаючи перехрестя з зображенням раніше обраної крапки. Перевірку повторюють. У теодолітах 2Т2, 2Т5 і 2Т5К сітка закріплена нерухомо, зміна її положення конструкцією не передбачено. Для сполучення перехрестя ниток із зображенням крапки повертають усю зорову трубу шляхом обертання клинового кільця. Клинове кільце обертають за допомогою спеціального ключа, що входить у комплект із теодолітом. Припустимі значення колімаційної помилки вказуються у заводському описі приладу. У лабораторії як візирну мітку можна використовувати сітку ниток коліматора.

1.5. Перевірка місця нуля

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

$$МО = \frac{Л + П \pm 180^\circ}{2} \quad (1.3)$$

При цьому до відліку менше 90° потрібно додати 360° .

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

$$МО = \frac{Л - П}{2} \quad (1.4)$$

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

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

У теодолітах, що мають компенсатор, і в теодолітах типу Т30 у межах до 2' місце нуля можна виправити зсувом навідного гвинта труби установлюють відлік,

рівний $\Pi - MO$ і зсувом сітки сполучають перехрестя ниток із зображенням крапки.

У теодолітах 2Т5К і Т15 місце нуля виправляють у такий спосіб: обертанням навідного гвинта труби устанавлюють відлік, рівний $\Pi - MO$.

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

1.6. Перевірка нахилу осі обертання зорової труби

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

Кут нахилу осі обертання труби визначають по формулі :

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

де α - середнє з двох визначень зсув нижньої крапки (визначають з точністю 0,1 мм);

h – висота від нижньої крапки до верхньої (визначають з точністю 2-3 див);

$\rho = 206265''$.

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

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

де $\Delta'' i$ - обмірюваний теодолітом горизонтальний кут між напрямками на нижню крапку до і після перекладу труби через zenit;

$\alpha_1 \alpha_2$ – кути нахилу при візуванні відповідно на верхню і нижню крапки.

У лабораторії необхідно визначити i'' двома способами.

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

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

1.7. Перевірка оптичного центрира, розташованого в алідаді горизонтального круга теодоліта

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

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

1.8. Перевірка положення верхнього центра і точки підвісу нитяного схилу

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

Правильність положення крапки підвісу нитяного схилу перевіряють за допомогою двох раніше повірників допоміжних теодолітів, що встановлюють на

відстані декількох метрів від теодоліта, що перевіряється, так, щоб напрямку на нього утворювали приблизно прямий кут. Візують на вивірених ОЦ теодоліта, що перевіряється. Труби допоміжних теодолітів необхідно підігнути вилку до збігу зображення нитки з вертикальними штрихами сіток обох допоміжних теодолітів.

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

1.9. Перевірка рівня на трубі теодоліта

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

Примітка. Перевірку місця нуля вертикальною колою, колімаційної погрішності і рівня на трубі теодоліта варто виконувати двома методами – рекомендується в дійсних вказівках і коліматорним у « Методичних вказівках до виконання лабораторних робіт »

Практична робота №2**Дослідження точності зняття відліку по шкалі відлікового пристрою теодоліту**

Мета роботи: Засвоїти методику визначення помилки взяття відліку по шкалі відлікового пристрою теодоліту

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ №_____, допоміжний теодоліт __Т__ №_____, штативи ШР-160 (2 шт.)

Короткі теоретичні відомості

Помилка відліку істотно впливає на точність виміру кута теодолітом. Ця помилка залежить від наступних основних факторів: помилки оцінки десятих часток поділки шкали; помилки за рахунок впливу ексцентриситету аліади горизонтального чи вертикального круга; помилки за рахунок впливу рена відлікового пристрою; погрішності за рахунок помилки діаметрів круга.

На даному етапі необхідно визначити випадкову помилку оцінки десятих часток поділки шкали, що залежить від видимої відстані між сусідніми штрихами шкали, від товщини і довжини штрихів, від індивідуальних властивостей ока спостерігача і т. д.

Для спостережень необхідно використовувати більш точний допоміжний прилад – теодоліт типу Т2 чи коліматор з окулярним мікрометром, ціна поділки якого 1-2". При спостереженнях необхідне підсвічування з боку окулярів (лампочка чи добре освітлений білий екран).

Дослідження складається з чотирьох серій спостережень при установці відліків A_1, A_2, A_3 і A_4 по шкалі відповідно 1,3'; 1,5'; 31,4'; 31,7' для теодолітів типу Т5 і Т15; 1,15'; 1,45'; 31,15'; 31,45' для теодолітів типу Т30М; 6,5'; 9,0'; 37,0'; 38,5' для теодоліта Т30. Кожна серія складається з 12 прийомів.

Методика спостережень

Зорові труби досліджуваного теодоліта і допоміжного приладу фокусують на нескінченність. Установлюють прилади на невеликій відстані один від одного (кілька дециметрів). Наводять труби приладів один на одного. По шкалі досліджуваного теодоліта встановлюють заданий відлік A_1 . Допоміжним приладом точно візують на сітку досліджуваного теодоліта. Двічі беруть і записують у таблицю відліки a_1' і a_2'' по шкалі мікрометра вимірювального приладу. Розбіжність між цими відліками не повинна перевищувати 2". Обчислюють і записують середнє з відліків. Навідним гвинтом аліади (якщо досліджується горизонтальний круг) чи навідним гвинтів труби (якщо досліджується вертикальний круг) змінюють заданий відлік A_1 на кілька хвилин, а потім знову встановлюють його. Допоміжним приладом знову візують на сітку досліджуваного теодоліта і беруть відліки a_2' і a_2'' по шкалі мікрометра допоміжного приладу. Обчислюють і записують середнє з цих відліків.

Такі вимірювання повторюють 12 разів. Обчислюють середнє значення $\alpha_{\text{ср}}$ із всіх відліків α_1 у серії, а також відхилення δ_i кожного значення α_1 від середнього по формулах (2.1.), (2.2.):

$$a_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (2.1)$$

$$\delta_i = a_i - a_{\text{ср.}}, \quad \text{де } n = 12. \quad (2.2)$$

У такий же спосіб роблять виміру в другій, третій і четвертій серіях, установлюючи відповідно задані відліки A_2 , A_3 і A_4 .

Середню квадратичну помилку відліку m_t у кожній серії спостережень визначають по формулі

$$m_t = \sqrt{\frac{[\delta_i \cdot \delta_i]}{n - 1}} \quad (2.3)$$

Потім визначають середнє значення $m_{\text{ср.}}$ із усіх серій спостережень по формулі:

$$m_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^N m_{ti}}{N}, \quad (2.4)$$

де N – кількість серій спостережень.

Помилка $m_{\text{ср.}}$ не повинна перевищувати значення $t/\sqrt{3}$, де t – точність оцінки на око частки поділки шкали (округлення відліку по шкалі) для теодолітів Т5, Т15, Т30М, Т30 і 2Т30 t відповідно дорівнює 6", 12", 15", 60" і 30".

Практична робота №3**Дослідження рена відлікового пристрою теодоліта**

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження рена відлікового пристрою теодоліта

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ № ____, допоміжний теодоліт __Т__ № ____, штативи ШП-160 (2 шт.)

Короткі теоретичні відомості

Причина, що викликає *рен* відлікових пристроїв у всіх оптичних теодолітах однакова — це неправильне збільшення інтервалів лімбів при подачі їхніх зображень у поле зору відлікового мікроскопа.

У теодолітах з односторонніми шкаловими мікроскопами *рен* — це невідповідність зображення градусного інтервалу лімба довжині шкали мікроскопа.

Рен відлікової системи згідно ГОСТу 20063-74 визначають на наступних установках круга: горизонтальний круг: 0; 60; 120; 180; 240; 300° (прямий хід) і 330; 270; 210; 150; 90 30° (зворотний хід); вертикальний круг — - 6; - 3; 0; 3; 6; 9° (прямий хід) і 7; 4; 1; - 2; - 5; - 8° (зворотний хід).

Методика спостереження

Для спостереження використовують більш точний допоміжний прилад. Зорові труби приладів фокусують на нескінченність і наводять одну на одну. По шкалі досліджуваного теодоліта встановлюють заданий відлік φ_i (наприклад 0° 0'), точно сполучаючи штрих лімба з нульовим штрихом шкали. Допоміжним приладом точно візують на сітку досліджуваного теодоліта. Двічі беруть, і записують в таблицю, відліки a_1' і a_1'' по шкалі мікрометра допоміжного приладу. Обчислюють, і записують в таблицю, середнє з цих відліків. Далі навідним гвинтом аліади (якщо досліджується горизонтальний круг) чи навідним гвинтом труби (якщо досліджується вертикальний круг) точно сполучають сусідній молодший, відносно φ_1 , штрих лімба $\varphi_1 - 1^\circ$ з останнім штрихом шкали (60'). Допоміжним приладом знову візують на сітку досліджуваного теодоліта. Двічі беруть, і записують у таблицю, відліки b_1' і b_1'' по шкалі мікрометра допоміжного приладу. Обчислюють, і записують у таблицю, середнє з цих відліків. За формулою $r_i = b_1 - a_1$ обчислюють *рен* для даної установки круга і записують його в таблицю.

У такий же спосіб визначають значення *рена* при інших установках круга. Обчислюють: середнє значення *рена* $r_{cp} = \sum r_i / n$, де r_{cp} — *рен* для i -ї установки круга, n — кількість установок круга; відхилення δ_i кожного значення від середнього $\delta_i = r_i - r_{cp}$.

Середню квадратичну помилку *рена* обчислюють за формулою

$$m = \sqrt{\frac{\delta_i \delta_i}{n(n-1)}} \quad (3.1)$$

Помилка m не повинна перевищувати для теодолітів типу Т5, Т15, Т30М, Т30 і 2Т30 відповідно 1"; 1,5"; 3" і 3". Величина рена горизонтального і вертикального кругів r_{cp} не повинна перевищувати для теодолітів типу Т5, Т15, Т30М, Т30 і 2Т30 відповідно 3"; 6"; 15" і 15". При незадовільних результатах роблять висновок про необхідність юстировки оптичної відлікової шкали системи приладу.

Дослідження рена відлікового пристрою теодоліта

Дата "___" _____ 20__ р. Теодоліт _____ № _____
 $T_{поч.} =$ ___ °С Допоміжний теодоліт _____ № _____
 $T_{зак.} =$ ___ °С Досліджуваний круг _____

Таблиця 1.2.

№ пп.	Установки круга	φ_1			$\varphi_1 - 1^\circ (60')$			r_i	δ_i	$[\delta_i \delta_i]$
		a_i'	a_i''	a_i (сер.)	b_i'	b_i''	b_i (сер.)			
Прямий хід										
1.	0°									
2.	60°									
3.	120°									
4.	180°									
5.	240°									
6.	300°									
Зворотний хід										
7.	330°									
8.	270°									
9.	210°									
10.	150°									
11.	90°									
12.	30°									
Середнє значення:										

Величина рена $r_{cp} =$ ____ . Середня квадратична помилка рена $m =$ ____ .

Практична робота №4

Дослідження ексцентриситету аліади горизонтального круга теодоліта

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження ексцентриситету аліади горизонтального круга теодоліта

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ № ____, допоміжний теодоліт __Т__ № ____, штативи ШР-160 (2 шт.)

Короткі теоретичні відомості

Ексцентриситет аліади l – це відхилення осі її обертання від центра горизонтального круга (ГК). Ексцентриситет горизонтального круга $l_{ГК}$ – це відхилення центра ГК від його осі обертання (рис. 2.1.).

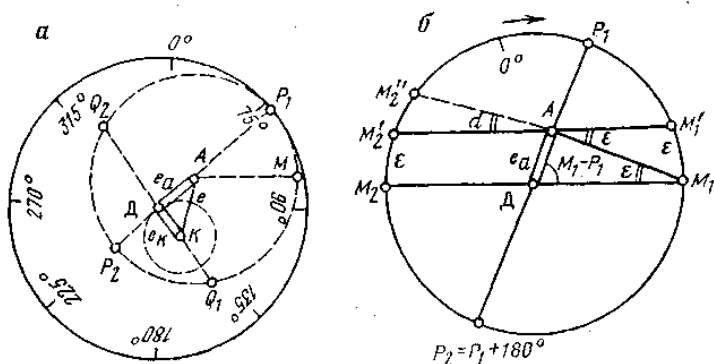


Рис. 4.1. Ексцентриситет аліади і лімба горизонтального круга

Відлік по горизонтальному кругу, що відповідає напрямку ЦО_A , тобто напрямку відхилення осі обертання аліади від центра ГК, називається напрямком φ_E ексцентриситету аліади. При установці аліади щодо нульового штриха ГК на кут φ_E чи $\varphi_A \pm 180^0$ помилка у відліках за рахунок впливу ексцентриситету буде дорівнювати нулю. А при установці аліади на кут $\varphi_A \pm 90^0$ вплив буде максимальним і визначається по формулі :

$$\varepsilon = l \cdot \rho'' / R \quad (4.1)$$

де ε і l – відповідно кутовий і лінійний ексцентриситети аліади; R – радіус круга.

При установці аліади щодо нульового штриха ГК на будь-який довільний кут φ_i помилка у відліку за рахунок впливу ексцентриситету аліади буде визначатися за формулою:

$$\frac{\bar{v}_i}{2} = \varepsilon \sin(\varphi_i - \varphi_3) \quad (4.2)$$

Графік цієї залежності буде у вигляді синусоїдальної кривої. Помилка за рахунок ексцентриситету виявляється при знятті відліків по діаметрально протилежних сторонах лімба. Тому що у відлік φ_i входить значення помилки $\bar{v}_i/2$ з одним знаком, а у відлік $\varphi_i \pm 180^\circ$ входить значення $\bar{v}_i/2$ з оберненим знаком, тоді в різницю відліків входить помилка v_i , що, виходячи з виразів (4.1) і (4.2) буде дорівнювати

$$\frac{\bar{v}_i}{2} = 2 \varepsilon \sin(\varphi_i - \varphi_3) = 2 \frac{l_A \rho''}{R} \sin(\varphi_i - \varphi_3) \quad (4.3)$$

У різницю відліків по діаметрально протилежних сторонах лімба можуть входити також і інші помилки. Наприклад, у теодолітах з односторонньою системою зняття відліків у помилка v_i при наведенні на одну і ту ж точку при двох положеннях вертикального круга входить також і подвійна колімаційна помилка v_0 . Тоді

$$\bar{v}_i = 2\varepsilon \sin(\varphi_i - \varphi_3) + v_0 \quad (4.4)$$

Синусоїда, побудована за формулою (4.4), буде зміщена від осі, по якій відкладається φ_i , на величину v_0 .

Методика дослідження ексцентриситета і ГК

При різних установках φ_i аліади (якщо береться ексцентриситет аліади) чи ГК (якщо досліджується ексцентриситет ГК) визначають значення v_i . Число установок для теодоліта Т5 і технічних теодолітів згідно ГОСТу 20063-74. Приймають $n=5$.

Тоді відліки φ_i будуть змінюватися від 0 до 360° з перестановкою на кут $\Delta\varphi = 360^\circ/N$. Виміри проводять прямим і зворотним ходами. Помилка v_i визначають по різниці відліків при візуванні на одну і ту ж при крузі ліво (КЛ) і крузі право (КП).

$$v_i = P_i - L_i \quad (4.5)$$

При одній і тій же установці φ_i різниця між v_i у прямому і зворотному ходах не повинна перевищувати $15-20''$.

Для повторювальних теодолітів визначають тільки ексцентриситет аліади чи тільки ексцентриситет лімба, тому що величина ексцентриситету аліади не залежить від обертання лімба.

Для не повторювальних теодолітів окремо визначають і ексцентриситет алідади і ексцентриситет лімба, а потім визначають максимальну величину ексцентриситету.

Як візирну ціль при спостереженнях використовують сітку ниток коліматора (зорову трубу будь-якого допоміжного приладу, сфокусовану на нескінченність (при необхідності з підсвічуванням з боку окуляра).

Методика перестановки алідади на кут $\Delta\varphi$ для теодолітів типу Т5, Т15, Т30 наступна: При КЛ повертають алідаду на кут $\Delta\varphi$ при нерухомому лімбі (ГК) і закріплюють її. Відкріплюють теодоліт у підставці і наводять трубу знову на точку. Знову горизонтують теодоліт. Точне наведення виконують навідним гвинтом алідади.

Перестановку ГК на кут $\Delta\varphi$ у неповторювальних теодолітах роблять установочною шестернею при нерухомій алідаді.

У теодолітах типу Т5 відліки L_i і P_i беруть по лімбу досліджуваного теодоліта. У технічних теодолітах для підвищення точності визначення v_i застосовують додатково більш точний допоміжний прилад – теодоліт типу Т2 чи коліматор з ціною поділки шкали окулярного мікрометра 1-2". Методика спостереження при цьому наступна:

Труби приладів фокусують на нескінченність. При КЛ візують у трубу допоміжного приладу і установлюють відлік по лімбу допоміжного досліджуваного теодоліта, кратний ціні поділки шкали відлікового мікроскопа. Записують цей відлік у таблицю. Допоміжним приладом точно візують на сітку досліджуваного теодоліта. Двічі беруть і записують у таблицю відліки $L'_в$ і $L''_в$ по шкалі мікрометра допоміжного приладу. Розбіжність між цими відліками не повинна перевищувати 2". Обчислюють і записують відлік $L_в = \frac{L'_в + L''_в}{2}$. Трубу досліджуваного теодоліта переводять через зеніт і точно візують у трубу допоміжного приладу. Установлюють по лімбі досліджуваного теодоліта відлік, рівний $L \pm 180^\circ$.

Допоміжним приладом знову точно візують на сітку досліджуваного теодоліта. Двічі беруть і записують у таблицю відліки $P'_в$ і $P''_в$ по шкалі мікрометра допоміжного приладу. Обчислюють і записують відлік $P'_в = \frac{P'_в + P''_в}{2}$ – У такий же спосіб роблять вимірювання при наступних установках алідади лімба на відлік φ_i .

Наближену помилку v_{in} визначають по різниці відліків $P_i - L_i$, узятих по лімбу досліджуваного теодоліта. Більш точно помилка v_i визначають по формулі

$v_i = P_{iв} - L_{iв}$, де $P_{iв}$ і $L_{iв}$, – відліки по шкалі мікрометра допоміжного приладу. При цьому помилки v_i присвоюється той знак, який виходить по різниці відліків, узятих по лімбу досліджуваного теодоліта.

По різниці $\delta_i = v_{in} - v_i$ можна визначити помилку m дослідження ексцентриситету при взятті відліків тільки по лімбу досліджуваного теодоліта. При

цьому $m = \sqrt{\frac{\delta_i \delta_i}{n}}$, де n – кількість спостережень. Елементи ексцентриситету аліади (чи лімба) обчислюють по формулах:
напрямок ексцентриситету

$$\varphi_3 = \arctg \left(\frac{-[v_i \cos \varphi_i]}{[v_i \sin \varphi_i]} \right) \quad (4.6)$$

кутовий ексцентриситет

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{[v_i \sin \varphi_i]^2}{n} \right) + \left(\frac{[v_i \cos \varphi_i]^2}{n} \right)} \quad (4.7)$$

лінійний ексцентриситет

$$l = \frac{\varepsilon R}{\rho} \quad (4.8)$$

Ординати v_i плавної кривої впливу ексцентриситету на різницю відліків по діаметрально протилежних сторонах лімба обчислюють по формулі (4.4). У цій формулі v_0 – подвійна колімаційна помилка. Її знаходять по формулі $v_0 = \frac{1}{n} \sum v_i$. По ординаті v_i' будують графік, з'єднуючи отримані точки плавною лінією (синусоїдою). На цей графік наносять виміряні значення v_i і з'єднують їх ламаною лінією – окремо в прямому і зворотному ходах (різними кольорами).

Якщо відхилення d_i виміряних значень v_i від синусоїди (\bar{v}_i) не перевищують для теодолітів типу Т5, Т15, Т30 відповідно 10", 15", і 20", то ексцентриситет має закономірний характер при вимірюванні кутів повними прийомами і систематична помилка за рахунок впливу ексцентриситету компенсується. Чим більше відхилення, тим більша випадкова систематична помилка за рахунок впливу ексцентриситету. Випадкову середню квадратична помилка впливу ексцентриситету на різницю відліків по діаметрально протилежних сторонах лімба модно визначити по відхиленнях $d_i = v_i - (\bar{v}_i)$, використовуючи формулу:

$$m_p = \sqrt{\frac{[d_i d_i]}{n - 1}} \quad (4.9)$$

Максимальний лінійний ексцентриситет знаходять графічно. Відкладають у масштабі відрізок $ЦО_{ГК}$, який дорівнює значенню $l_{ГК}$. Від напрямку $ЦО_{ГК}$ по ходу годинної стрілки відкладають кут, рівний $\varphi_{ЭЛ} = \varphi_{ЭКГ}$. У цьому напрямку відкладають, у масштабі, відрізок $ЦО_A$, рівний l . На продовженні відрізка $О_A-О_{ГК}$

відкладають відрізок рівний $l_{ГМ}$. Отриманий відрізок $OA-C$ дорівнює максимальному лінійному ексцентриситету аліади $l_{Аmax}$. Максимальний кутовий ексцентриситет знаходять по формулі

$$\varepsilon_{Аmax} = \frac{l_{Аmax}}{R} \rho'' \quad (4.10)$$

Завод-виробник гарантує величину максимального кутового ексцентриситету для всіх точних і технічних вітчизняних теодолітів типу Т5, Т15, Т30 відповідно 40", 2" і 5", тому що при вимірюванні кутів повними прийомами відбувається компенсація помилки за рахунок впливу ексцентриситету.

При вимірюванні кутів способом повторень, що зустрічається в маркшейдерській практиці, компенсації помилки за рахунок ексцентриситету не відбувається. Тому при значеннях максимального ексцентриситету для теодолітів типу Т5, Т15, Т30 відповідно більш 10", 15" і 30" спосіб повторень застосовувати не рекомендується. Записуємо результати в журнал спостережень.(табл..4.1.)

Таблиця 4.1.

**Дослідження ексцентриситету аліади горизонтального
круга**

Дата “__” _____ 20__ р. Теодоліт _____ № _____
 $T_{поч.} =$ ____ °С Допоміжний теодоліт _____ № _____
 $T_{зак.} =$ ____ °С

φ_0	a_i'	a_i''	a_i (сер.)	b_i'	b_i''	b_i (сер.)	v_i	$v_i \cos \varphi$	$v_i \sin \varphi$	v_0	\bar{v}_i	d_i	$d_i d_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Прямий хід													
0°													
45°													
90°													
135°													
180°													
225°													
270°													
315°													

Зворотний хід

360°													
315°													
270°													
225°													
180°													
135°													
90°													
45°													

Практична робота №5**Дослідження ексцентриситету аліади вертикального круга теодоліта**

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження ексцентриситету аліади вертикального круга теодоліта

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ №_____, допоміжний теодоліт __Т__ №_____, штативи ШР-160 (2 шт.)

Короткі теоретичні відомості

Для виявлення впливу ексцентриситету на вимірюваний вертикальний кут досліджуваний теодоліт установлюють між двома коліматорами, напрямки візирних осей яких задають кут нахилу $\alpha \cong 0^0$.

Вимірювання проводять у наступній послідовності: наводять при КЛ трубу досліджуваного теодоліта на горизонтальну нитку одного з коліматорів і беруть відлік a_1 по вертикальному кругу; обертанням труби навколо горизонтальної осі наводять її на горизонтальну нитку сітки другого коліматора і беруть відлік a_2 по кругу. Такі операції, що складають один прийом, виконують не менш 6 разів при дослідженні теодолітів.

Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга знаходять по формулі

$$\varepsilon = \frac{A_1 - A_2}{2 \cos \alpha} \quad (5.1)$$

Значення ексцентриситету вертикального круга не повинно перевищувати для теодолітів типу Т5, Т15, Т30 відповідно 10", 15" і 60".

Значення ексцентриситету вертикального круга не компенсується. Виправлення за вплив ексцентриситету в кут, виміряний при двох положеннях вертикального круга, визначають по формулі

$$\varepsilon_{ab} = \varepsilon_{max} \cos \alpha \quad (5.2)$$

Практична робота №6**Дослідження середньої квадратичної помилки вимірювання горизонтального кута теодолітом**

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження розподілу середньої квадратичної помилки вимірювання горизонтального кута теодолітом

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ №_____, штативи ШР-160

Короткі теоретичні відомості

Середню квадратичну помилку m_β вимірювання горизонтального кута β у лабораторних умовах визначають відповідно Дст [2,3.]. Кут β повинний бути в межах $90^\circ \pm 30^\circ$. Різниця вертикальних кутів двох візирних цілей, між якими вимірюють кут β , не повинна бути менш 20° . Для визначення помилки виконують не менш 4 серій вимірів, кожна з яких містить $n = 12$ прийомів. Між прийомами роблять перестановку лімба на кут $\Delta\varphi = 180^\circ / n$

До вимірювання ретельно горизонтують теодоліт; виводять навідні гвинти в середнє положення; домагаються чіткого зображення сітки ниток, штрихів кіл, візирних цілей; виконують кілька оборотів алідади горизонтального круга по ходу годинникової стрілки.

Вимірювання кута β_i одним прийомом виконують в наступній послідовності:

- наводять трубу теодоліта на першу візирну ціль і знімають відлік по горизонтальному кругу;
- повертають алідаду на величину вимірюваного кута, наводять зорову трубу на другу візирну ціль і знімають відлік по горизонтальному кругу;
- переводять зорову трубу через zenit, повертають алідаду на 180° по ходу годинникової стрілки, наводять зорову трубу на першу візирну ціль і знімають відлік по горизонтальному кругу;
- повертають алідаду за ходом годинникової стрілки, наводять зорову трубу на другу візирну ціль і знімають відлік по горизонтальному кругу.

Під час вимірювань слід дотримуватися наступних правил: остаточне наведення зорової труби виконують рухом навідного гвинта на загвинчування; не рекомендується занадто туго затягувати закріпні гвинти; кожен наступний прийом починається при тому ж положенні вертикального круга, при якому був закінчений попередній; прийоми, у яких допущені грубі помилки чи прорахунки, повторюють на тих же установках горизонтального круга; виконувати перефокусування зорової труби чи окуляра відлікового мікроскопа під час вимірювань не допускається.

За результатами вимірювань визначають: середнє значення кута

$\beta_{cp} = \sum \beta_i / n$; відхилення значень кутів у кожному прийомі від середнього значення $\delta_i = \beta_i - \beta_{cp}$

Середню квадратичну помилку вимірювання горизонтального кута одним прийомом для кожної серії обчислюють за формулою

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[\delta_i \delta_i]}{n-1}} \quad (6.1)$$

Якщо в будь-якому з прийомів відхилення більше, ніж $2,367 m_{\beta}$ [3], тоді вимірювання в цих прийомах повторюють на тих же установках круга. Потім знову обчислюють m_{β} .

Остаточну середню квадратичну помилку вимірювання горизонтального кута одним прийомом визначають як середнє з помилок, обчислених у кожній серії спостережень.

Середню квадратичну помилку вимірювання кута одним прийомом можна наближено визначити розрахунковим способом по окремим складовим приладової помилки за формулою

$$m_{\beta} = m_b^2 + m_t^2 + m_r^2 + m_{\varepsilon}^2 + m_d^2 + m_v^2 \quad (6.2)$$

де m_b – помилка візування; m_t – помилку відліку по шкалі відлікового пристрою; m_r – помилку за рахунок рена відлікового пристрою; m_{ε} – випадкова помилку за рахунок ексцентриситету аліади; m_d – помилку за рахунок помилки діаметрів горизонтального круга; m_v – помилку через нахил вертикальної осі обертання теодоліта.

Помилку візування обчислюють по формулі:

$$m_b = \frac{d_{\delta}}{12} \quad (6.3)$$

де d_{δ} – кутова відстань між нитками бісектора[5]. Помилку m_t відліку визначають за результатами дослідження.

Помилку за рахунок рена обчислюють по формулі :

$$m_r = \frac{r}{\sqrt{3}} \quad (6.4)$$

де r – величина рена горизонтального круга.

Випадкову помилку за рахунок ексцентриситету аліади обчислюють за формулою:

$$m_{\varepsilon} = \frac{m_p}{\sqrt{2}} \quad (6.5)$$

де m_p – помилка, обчислена по формулі (6.6.)

$$m_p = \sqrt{\frac{[d_i d_i]}{n-1}} \quad (6.6)$$

Погрішність за рахунок помилки діаметра горизонтального круга обчислюють за формулою

$$m_v = \sqrt{\frac{\Delta d_{пред}}{\sqrt{3}}} \quad (6.7)$$

де $\Delta d_{пред}$ – гранично допустима помилка діаметрів горизонтального круга; для теодолітів типу Т5, Т15, Т30 $\Delta d_{пред}$ відповідно дорівнює 2,5", 6" і 10".

Помилку через нахил вертикальної осі обертання теодоліта обчислюють за формулою :

$$m_v = \sqrt{\frac{\tau}{4\sqrt{3}}} (\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2) \quad (6.8)$$

де τ – ціна поділки рівня (визначають за паспортом приладу); v_1 і v_2 – кути нахилу ліній візування відповідно по першому і другому напрямках.

Середні квадратичні помилки вимірювання горизонтального кута, отримані експериментальним і розрахунковим способами повинні бути одного порядку.

За результатами досліджень середньої квадратичної помилки вимірювання кута визначають відповідність приладу типу по точності згідно Дст 10529-79 [2]. .

Практична робота №7**Перевірка нівеліра**

Мета роботи: Засвоїти методику повірки і юстировки нівеліра

Прилади і інструменти: досліджуваний нівелір №_____, штатив ШР-160, нівелірна рейка

Короткі теоретичні відомості

При нівелюванні взаємне положення геометричних елементів нівеліра повинно відповідати таким умовам:

- вісь сферичного (круглого) рівня $L_2 - L_1'$ повинна бути паралельна вертикальній осі обертання нівеліра $Z - Z'$
- середня горизонтальна нитка сітки зорової труби повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання нівеліра $Z - Z'$;
- візирна вісь зорової труби повинна бути паралельна осі циліндричного рівня – для нівелірів з рівнем при трубі (головна умова нівеліра);
- візирна вісь нівелірів з компенсатором повинна бути горизонтальна (головна умова нівеліра).

Перед повірками треба виконати такі операції. Після відкриття футляра треба ознайомитися з укладкою приладу, щоб потім правильно встановити його знову в середину футляра. Нівелір необхідно обережно встановити на заздалегідь приготовлений штатив та прикрутити становим гвинтом. Не можна торкатися руками до об'єктива, окуляра та інших оптичних деталей. При зовнішньому огляді приладу встановлюють відсутність видимих пошкоджень: тріщин на оптиці та ампулах рівнів, подряпин та вм'ятин на пофарбованих поверхнях, пошкоджень гвинтів. Перевіряють плавність та рівномірність ходу під'ємних та навідних гвинтів, плавність повороту труби.

7.1. Повірка паралельності осі сферичного рівня до вертикальної осі обертання нівеліра

Поворотом під'ємних гвинтів виводять бульбашку рівня в центр ампули. Повертають нівелір на 180° , відмічають положення бульбашки. Якщо бульбашка змістилася від центра більше ніж 0,5 поділки шкали рівня, то на половину відхилення переміщують бульбашку рівня виправними гвинтами і виводять її в центр під'ємними гвинтами. Після виправлення рівня повірку повторюють.

7.2. Повірка перпендикулярності горизонтальної нитки сітки до вертикальної осі обертання нівеліра**Перший спосіб**

Виводять нівелір в горизонтальне положення і наводять трубу на вертикальну рейку (на рейці повинен бути вивірений рівень). Беруть відлік по одному і другому

кінцям горизонтальної нитки сітки, обертаючи трубу в межах поля зору. Якщо відліки відрізняються більше ніж на 1 мм, виконують юстировку. Послаблюють гвинти, які прикріплюють окулярну частину до корпусу труби. Виправляють положення сітки ниток шляхом обертання окулярного патрубку навколо візирної осі труби. Після виправлення гвинти закріплюють і повірку повторюють.

Другий спосіб

Наводять на шнуровий висок, зображення якого повинно бути паралельним вертикальній нитці сітки. Якщо необхідно, юстировку виконують таким же чином, як і в першому способі.

7.3. Повірка головної умови нівеліра

Перший спосіб

На місцевості закріплюють дві точки (металеві прути, забиті в землю), відстань між якими дорівнює 80 – 100 м (рис. 2.2). В лабораторних умовах (в коридорах ВНЗ) відстань повинна бути не менше 40 м.

Посередині між точками встановлюють нівелір. Різниця пліч (різниця відстаней до точок назад і вперед) не повинна перевищувати 1% від відстані між точками 1 і 2. Знімають відліки a_1 і a_2 по рейкам, встановленим відповідно на задній точці 1 і передній точці 2. Визначають перевищення між точками в напрямку 1 – 2 за формулою $h_{ict} = a_1 - a_2$. Це перевищення приймають за істину, тому що в відліках a_1 і a_2 містяться похибки x_1 і x_2 , які мають однакову величину за рахунок однакових відстаней до рейок, однакового кута нахилу осі і в обох напрямках назад і вперед.

Встановлюють нівелір поблизу точки 1 на відстані приблизно 4 метри і знімають відліки по рейкам $b_1 - b_2$ і знову визначають перевищення між точками в напрямку 1 – 2 за формулою $h = b_1 - b_2$. У відліку b_1 міститься невелика похибка, яка знаходиться в межах похибки відліку по рейці. У відліку b_2 міститься практично вся похибка за рахунок нахилу візирної осі. Цю похибку визначають за формулою $X = h - h_{ict}$. Визначають кут нахилу візирної осі за формулою $i = X/S \cdot \rho$, де S – відстань від нівеліра до дальньої рейки (визначають по дальномірним ниткам зорової труби нівеліра з похибкою 0,1 – 0,2 м); ρ – один радіан в секундах, який дорівнює $\rho'' = 206265''$. Допустима величина нахилу візирної осі $i''_{don} = 10''$ для всіх типів нівелірів. Якщо $i \geq i''_{don}$, визначають виправлений відлік по дальній рейці за формулою $b_{2випр} = b_1 - h_{ict}$. Для контролю знову визначають перевищення за формулою $h = b_1 - b_{2випр}$. Це перевищення повинно дорівнювати істинному, яке було визначене при нівелюванні із середини за формулою $h_{ict} = a_1 - a_2$.

Юстировку (виправлення) нівеліра з циліндричним рівнем виконують таким чином. Поворотом елеваційного гвинта встановлюють відлік по дальній рейці $b_{2випр}$. При цьому візирна вісь нівеліра встановлюється в горизонтальне положення, а вісь циліндричного рівня нахилиється на кут i . Бульбашка рівня відхиляється від нуляпункта. Поворотом виправних гвинтів ампули рівня (верхнім і нижнім) виводять бульбашку рівня в нуляпункт.

Юстировку (виправлення) нівеліра з компенсатором виконують таким чином. Поворотом виправних гвинтів сітки ниток (верхнім і нижнім) встановлюють відлік

по дальній рейці. Якщо діапазону роботи цих гвинтів недостатньо, то виправляють компенсатор. Виправлення компенсатора треба робити в спеціальній майстерні.

Після юстировки перевірку головної умови нівеліра повторюють.

Другий спосіб

Як і в першому способі на місцевості закріплюють дві точки

Встановлюють нівелір біля однієї з точок (точка 1). Вимірюють висоту нівеліра v_1 (вертикальна відстань від точки до середини окуляра). Наводять на рейку, яка встановлена на дальній точці 2 і знімають відлік по рейці a_2 . Визначають перевищення між точками в напрямку 1 – 2 за формулою $h_{1-2} = v_1 - a_2$. За рахунок нахилу візирної осі α_2 на кут i відлік вміщує похибку X .

Істинне перевищення (без похибки) дорівнює $h_{\text{іст}(1-2)} = v_1 - a_2 + X$

Переносять нівелір і встановлюють його біля точки 2. Вимірюють висоту нівеліра v_2 . Наводять на рейку, яка встановлена на дальній точці 1 і знімають відлік по рейці a_1 . Визначають перевищення між точками в тому ж самому напрямку 1 – 2 за формулою $h'_{(1-2)} = a_1 - v_2$

$h'_{1-2} = a_1 - v_2$. За рахунок нахилу візирної осі на кут i відлік a_1 вміщує ту ж саму похибку X . Істинне перевищення (без похибки) дорівнює $h_{\text{іст}(1-2)} = a_1 - X - v_2$

Середнє значення перевищення не вміщує похибки X обчислюється за формулою:

$$h_{\text{ср}} = \frac{v_1 - a_2 + X + a_1 - X + a_2}{2} = \frac{v_1 - a_2 + a_1 - a_2}{2} \quad (7.2)$$

Визначають похибку X за формулою:

$$X = h'_{1-2} - h_{\text{ср}} \quad (7.3)$$

Визначають кут нахилу візирної осі за формулою:

$$i = \frac{X}{L} \cdot \rho'' \quad (7.4)$$

Якщо $i \geq i_{\text{доп}}$, визначають виправлений відлік по дальній рейці $\alpha_{1\text{випр}}$ за формулою $\alpha_{1\text{випр}} = \alpha_1 - X$

Юстировку (виправлення) нівеліра виконують таким же чином, як і в першому способі. Якщо нівелір з циліндричним рівнем, то поворотом елеваційного гвинта встановлюють відлік по дальній рейці $\alpha_{1\text{випр}}$, а поворотом виправних гвинтів ампули рівня виводять бульбашку рівня в нульпункт. Якщо нівелір з компенсатором, то поворотом виправних гвинтів сітки ниток встановлюють відлік по дальній рейці $\alpha_{1\text{випр}}$.

Практична робота №8

Дослідження зорових труб теодоліта і нівеліра

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження зорових труб теодоліта і нівеліра

Прилади і інструменти: досліджуваний теодоліт __Т__ №_____, досліджуваний нівелір №_____, штативи ШР-160 (2 шт.)

8.1. Визначення ціни розподілу циліндричного рівня при трубі

Установлюємо нівелір так, щоб рівень виявився рівнобіжним напрямку між піднімальними гвинтами А і В . Обертанням аліади приводять пухирець рівня в крайнє ліве положення, при якому ще можна відрхувати по обох кінцях пухирця. При цьому відлік по горизонтальному колу α_1 для зручності встановлюємо кратним $10'$. Беремо відліки L_1 і P_1 по кінцях пухирця до 0,1 розподілу і записуємо в журнал спостережень .

Вимірюють температуру повітря.

Визначають раціональний інтервал $\Delta\alpha$:

$$\Delta\alpha = 20'$$

поворотів аліади, що відповідає зсуву пухирця на 0,8 - 1 розподіл, і округляємо його величини, кратної $10'$.

Повертає аліаду так, щоб пухирець рухався вправо і встановлюємо відліки по горизонтальному колу: $\alpha_2 = \alpha_1 + \Delta\alpha$, $\alpha_3 = \alpha_2 + \Delta\alpha$, $\alpha_n = \alpha_{n-1} + \Delta\alpha$ і беремо відповідно відліки L_2 і P_2 , L_3 і P_3 ,..... L_n і P_n . Коливання в довжині пухирця повинні бути не більш 0,2 розподілу.

По досягнення правим кінцем пухирця крайнього положення, при якому ще можна відрхувувати, робимо зворотний хід, встановлюючи аліаду на відліки α_n , α_{n-1} , α_{n-2} , α_1 . Результати спостережень записують у журнал. Наприкінці спостереженні знову вимірюємо температуру.

Визначаємо середню ціну розподілу

$$\tau_{cp} = \frac{[\tau_i]}{n} \quad (8.1)$$

, де: $[\tau_i]$ - сума всіх значень ціни розподілу рівня, отриманих у прямому і зворотному ходах; n – кількість визначень ціни розподілу рівня; середні квадратичні погрішності окремого значення

$$m = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}} \quad (8.2)$$

і середнього значення $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$, $\delta_i = \tau_i - \tau_{cp}$.

Таблиця 8.1

Відлік			Довжина пухирця	Положення середини	Зрушення пухирця	Ціна деле-ння	δ	$\delta\delta$	ап - аі
По лімбі	За рівнем								
α	Л	П	П - Л	$a = \frac{Л + П}{2}$	Δ_{α} $= \alpha_{i+1} - \alpha_i$	$\tau = \frac{\Delta\beta}{\Delta\alpha}$			
1. Пухирець рухається вправо									
307 ⁰ 20'	0,1	5,9	5,8	3					
307 ⁰ 00'	0,5	6,1	5,6	3,3	0,3	100	20,16	406,42	
306 ⁰ 40'	0,9	6,5	5,6	3,7	0,4	75	-4,84	23,425	
306 ⁰ 20'	1,2	7,0	5,8	4,1	0,4	75	-4,84	23,425	
306 ⁰ 00'	1,9	7,3	5,4	4,6	0,5	60	- 19,84	393,62	
305 ⁰ 40'	2,0	7,9	5,9	4,95	0,35	85,71	5,87	34,507	
305 ⁰ 20'	2,5	8,1	5,6	5,3	0,35	85,71	5,87	34,507	
305 ⁰ 00'	2,9	8,6	5,7	5,75	0,45	66,67	- 13,17	173,53	
304 ⁰ 40'	3,1	9,0	5,9	6,05	0,3	100	20,16	406,42	
304 ⁰ 20'	3,7	9,2	5,5	6,45	0,4	75	-4,84	23,42	
304 ⁰ 00'	4,0	9,8	5,8	6,9	0,45	66,67	- 13,17	173,53	
						789,76		1685,3	
2. Пухирець рухається вліво									
304 ⁰ 00'	4	9,8	5,8	6,9		0			
304 ⁰ 20'	3,9	9,5	5,6	6,7	0,2	150	70,16	4922,4	
304 ⁰ 40'	3,2	9	5,8	6,1	0,6	50	- 29,84	890,42	

305 ⁰ 00'	3	8,8	5,8	5,9	0,2	150	70,16	4922,4	
305 ⁰ 20'	2,6	8,1	5,5	5,35	0,55	54,55	- 25,29	639,81	
305 ⁰ 40'	2,2	8	5,8	5,1	0,25	120	40,16	1612,8	
306 ⁰ 00'	1,9	7,5	5,6	4,7	0,4	75	-4,84	23,42	
306 ⁰ 20'	1,4	7	5,6	4,2	0,5	60	- 19,84	393,62	
306 ⁰ 40'	1	6,6	5,6	3,8	0,4	75	-4,84	23,42	
307 ⁰ 00'	0,8	6,1	5,3	3,45	0,35	85,71	5,87	34,50	
307 ⁰ 20'	0,1	5,9	5,8	3	0,45	66,67	- 13,17	173,53	
						886,93		12852,	

Визначаємо:

- середню ціну розподілу:

$$\tau_{cp} = \frac{[\tau_i]}{n}$$

де: $[\tau_i]$ - сума всіх значень ціни розподілу рівня, отриманих у прямому і зворотному ходах; n - кількість визначень ціни розподілу рівня; $\delta_i = \tau_i - \tau_{cp}$

- середні квадратичні погрішності окремого значення:

$$m = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}} \qquad m = \sqrt{\frac{14538,12}{21}} = 26,31'$$

і середнього значення:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \qquad M = \frac{26,31'}{\sqrt{22}} = 5,61'$$

Практична робота №9

Дослідження нівелірних рейок

Мета роботи: Засвоїти методику виконання дослідження нівелірних рейок

Прилади і інструменти: нівелір, штатив, нівелірні рейки

Короткі теоретичні відомості

Дослідження рейок виробляється з метою з'ясування придатності їх для нівелювання відповідної точності і визначення виправлень.

Засобом перевірки шашкових рейок служить зразкова міра 2 розряди, що являє собою контрольну лінійку довжиною 1 м з ціною розподілу 0,2 мм. Погрішність компарування контрольної лінійки не повинна перевищувати 0,015 мм. Компарування лінійки виконується органами метрологічної служби Держстандарту методом звірення за допомогою компаратора в терміни, зазначені в паспорті, але не рідше одного разу в два роки. Рейки, використовувані для технічного нівелювання, можна перевіряти компарованою рулеткою.

Дослідження рейок виробляється відповідно до «Інструкції з нівелювання I, II, III і IV класів» [1]. У дійсних методичних указівках порядок вимірів запозичений з цієї інструкції.

9.1. Визначення середньої довжини одного метра рейки

На рейку паралельно її краям укладають контрольну лінійку. Визначення довжини роблять по інтервалах між розподілами 1-10, 10-20 і 20-29дм (триметрова рейка), що вимірюють спочатку в прямому, а потім у зворотному напрямках .

Краю шашкових розподілів, по яких маємо робити відліки, відзначають тонкими штрихами, нанесеними гостро заточеним олівцем.

Кожен інтервал у одному напрямку вимірюють двічі. Відліки по контрольній лінійці роблять з точністю 0,02 мм. Між першою і другою парою відліків лінійку небагато зрушують. Перед початком прямого і наприкінці зворотного ходу визначають температуру лінійки.

На червоній стороні рейки в такий же спосіб визначають довжини інтервалів 48-57, 57-67, 67-76 (чи 47-56 і так далі).

Розбіжності між різниці відліком по правому і лівому кінцях лінійка кожного інтервалу не повинні перевищувати 0,1мм.

У 8-ю графу поміщають середнє з різниць відліків кожного інтервалу, у 6-ю – виправлення за довжину лінійки і температуру, обчислену по рівнянню контрольної лінійки, у 7-ю - виправлені довжини інтервалів. Середня довжина одного метра в приведеному прикладі дорівнює $5600,76:5,6 = 1000,14$ мм.

Помилки метрових інтервалів рейок для нівелювання III і IV класів і технічного нівелювання не повинні перевищувати 0,5 мм, 1 мм і 3 мм відповідно.

Для нівелювання III і IV класів досліджують пари рейок комплекту і визначають середню довжину метра і поправочний коефіцієнт цієї пари. У курсовій роботі кожна бригада досліджує одну пару рейок.

9.2. Визначення помилок дециметрових розподілів рейки

Сполучають нуль лінійки з нульовим штрихом рейки і беруть відліки по лінійці, що відповідають положенню дециметрових штрихів у межах першого метра рейки (табл.4.4, 1 прийом). Потім лінійку небагато зрушують і повторюють відліки (2 прийом).

Такі визначення роблять на кожному метрі рейки. Для сполучення нуля контрольної лінійки з площиною п'яти до п'яти прикладають лезо безпечної бритви.

Помилки дециметрових розподілів Δ дорівнюють середнім значенням різниць Δ_1 і Δ_2 . Систематичну помилку в довжині одного дециметра обчислюють по формулі: $\delta = \sum \Delta : n$. У наведеному прикладі $\delta = -0.56 : 16 = -0.03$ мм.

Віднімаючи систематичну помилку з кожної величини Δ , одержують випадкові помилками дециметрових розподілів рейки.

Перевіряють збіг нуля шкали чорної сторони з площиною п'яти рейки. У наведеному прикладі нуль шкали не збігається з площиною п'яти на 0,8 мм. При використанні для нівелювання двох рік комплекту необхідно враховувати нерівність висот нулів рейок.

Випадкові помилки дециметрових розподілів рейок для нівелювання III класу не повинні перевищувати 0,5 мм, а для IV класу і технічного нівелювання – 1 мм.

4. ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ І ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОБОТИ

Звіт складається один на бригаду. Кожен член бригади складає свої розділи звіту, що вказує керівник.

Звіт повинний починатися введенням, у якому формулюється загальна мета роботи, її актуальність і необхідність виконання. У тексті звіту коротко викладають сутність і ціль виконання кожного етапу роботи; коротко описують порядок виконання відповідних етапів роботи на конкретних робочих місцях з використанням конкретного лабораторного устаткування й установок; приводять результати вимірів і обчислень; роблять відповідні висновки по кожному етапі. Крім того, у тексті звіту, якщо необхідно, поміщають креслення, схеми, малюнки, а також таблиці з результатами вимірів і обчислень. Таблиці повинні мати змістовний заголовок, а малюнки – під рисункові підписи.

Текст звіту повинний закінчуватися висновком, у якому міститься оцінка результатів і робляться загальні висновки по всій роботі. Після висновку складають список використаної літератури. На останній сторінці звіту повинна бути дата закінчення роботи і підписи виконавців.

Після перевірки звіту керівником кожен член бригади індивідуально захищає весь звіт, незалежно від того які розділи він складав. При захисті звіту студент повинний показати знання й уміння виконувати всі етапи перевірки маркшейдерських приладів.

Допоміжне обладнання

Штативи; робочі крапки для установки приладів на штативах; візирні цілі; робочі стенди на консолях, вмонтованих у стіни лабораторії; станові гвинти; шпильки; викрутки; шкали; мікроскопи; штрихові світи; точні теодоліти типу Т2; коліматори; автоколіматори з окулярним мікрометром; світильники; мікрокалькулятори.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тревого І.С. Геодезичні прилади: практикум / І.С. Тревого, Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 196 с.
2. Шевченко Т.Г. Геодезичні прилади: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. – – [2-е вид.]. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 484 с.
3. Костецька Я.М. Геодезичні прилади. Частина II. Електронні геодезичні прилади: Підручник для студентів геодезичних спеціальностей вузів. – Львів: ІЗМН, 2000- 324 с.
4. Літнарівич Р.М., Мардієва Л.П., Ярош Ю.В. Будова і робота світловіддалеміра СТ5. Навчальний практикум по курсу “Електронні геодезичні прилади”, ЧДІЕіУ, Чернігів, 2000, - 38 с

Котенко Володимир Володимирович
Куницька Марина Сергіївна

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних занять

з навчальної дисципліни

«ПЕРЕВІРКИ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ ПРИЛАДІВ»

для студентів освітнього рівня «бакалавр»

денної форми навчання

спеціальності 184 «Гірництво»

освітньо-професійна програма «Гірництво»

гірничо-екологічний факультет

кафедра маркшейдерії

Підписано до друку 2020 р. . Формат 14,8×42/4. Гарнітура Times New Roman.
Умови друк.арк 2,3

Електронне видання
Державний університет «Житомирська політехніка»
10005, Житомир, вул. Чуднівська 103
<https://ztu.edu.ua/>