



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства, деревооброблювальних
технологій та землевпорядкування
Кафедра управління земельними ресурсами, геодезії та
кадастру

ВИКОНАННЯ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ У МАСШТАБАХ 1: 5000, 1 : 2000, 1: 1000 та 1: 500

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт

здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»**

**Харків
2024**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства, деревооброблювальних технологій та
землевпорядкування
Кафедра управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

ВИКОНАННЯ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ У МАСШТАБАХ 1: 5000, 1 : 2000, 1: 1000 та 1: 500

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Харків

2024

Схвалено на засіданні кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

Протокол № 1 від 28 серпня 2024 р.

Рецензенти:

І.В. Кошкалда – завідувач кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру Державного біотехнологічного університету, доктор економічних наук

Д.С. Сопов - завідувач кафедри хімії, географії та наук про Землю Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор філософії з наук про Землю, доцент

Виконання тахеометричного знімання у масштабах 1: 5000, 1 : 2000, 1: 1000 та 1: 500: метод. вказівки до виконання практичних робіт здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» / ДБТУ; уклад.: Д.Д.Хайнус, А.О. Сєдов, С.Г. Могильний. – Харків, 2024. – 68 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Геодезія» містять опис, структуру та методику виконання практичних робіт для денної та заочної форм навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

Відповідальний за випуск: Д.Д. Хайнус, канд. екон. наук, доцент

УДК 528.4

© Д.Д. Хайнус, 2024
© ДБТУ, 2024

Зміст

Вступ	4
1. Суть тахеометричного знімання	4
2. Прилади для тахеометричного знімання	6
3. Знімальне обґрунтування тахеометричного знімання. Тахеометричні ходи	11
4. Технічні вимоги до обґрунтування тахеометричного знімання	14
5. Робота на станції тахеометричного знімання	15
6. Технічні вимоги до роботи на станції тахеометричного знімання	19
7. Камеральні роботи під час тахеометричного знімання	20
8. Здавальні матеріали	23
9. Електронне тахеометричне знімання	24
10. Електронне тахеометричне знімання за методом вільного вибору станцій	25
11. Сучасні методи нанесення пікетних (рейкових) точок	26
Рекомендована література	27

Вступ

Кінцевою метою виконання геодезичних робіт є створення топографічних карт і планів, їх отримують шляхом зйомки місцевості.

Зйомкою називається сукупність вимірів з метою складання карт або планів у заданому масштабі. Розрізняють контурну (горизонтальну), вертикальну і топографічну зйомку місцевості. Під час горизонтальної зйомки на карті або плані зображується тільки ситуація. Під час вертикальної зйомки визначають висоти точок, за якими зображають рельєф місцевості в горизонталях. Топографічна зйомка являє собою сукупність горизонтальної і вертикальної зйомок, тому на плані або карті зображають об'єкти, контури та рельєф місцевості. Топографічні зйомки, як найбільш повні, є основними, а тахеометричне знімання – один з основних видів топографічної зйомки.

1. Суть тахеометричного знімання

Суть тахеометричного знімання полягає в тому, що одним наведенням зорової труби теодоліта-тахеометра отримують необхідні дані: горизонтальне направлення, нахил візирного променя до горизонту і відстань до точки.

Тахеометричне знімання застосовують для створення планів невеликих ділянок як основний вид знімання або в поєднанні з іншими видами, коли:

- виконання стереотопографічного або мензульного знімання економічно недоцільне або технічно неможливе;
- виконується тільки знімання рельєфу на забудованій території;
- виконується знімання вузьких смуг (високовольтні лінії, траси різноманітних інженерних мереж і т. ін.).

Під час тахеометричного знімання теодоліт установлюють у точці *A* (рис. 1), для якої відоме її планове та висотне положення. Тоді планове положення точки *C*, що знімається, визначається вимірюванням горизонтального кута β між направленням на точку *B*, положення якої відоме, і на точку *C*, який відраховується за лімбом горизонтального круга, а також горизонтальним прокладенням *d* відстані від станції до рейкової точки *D*, що вимірюється віддалеміром.

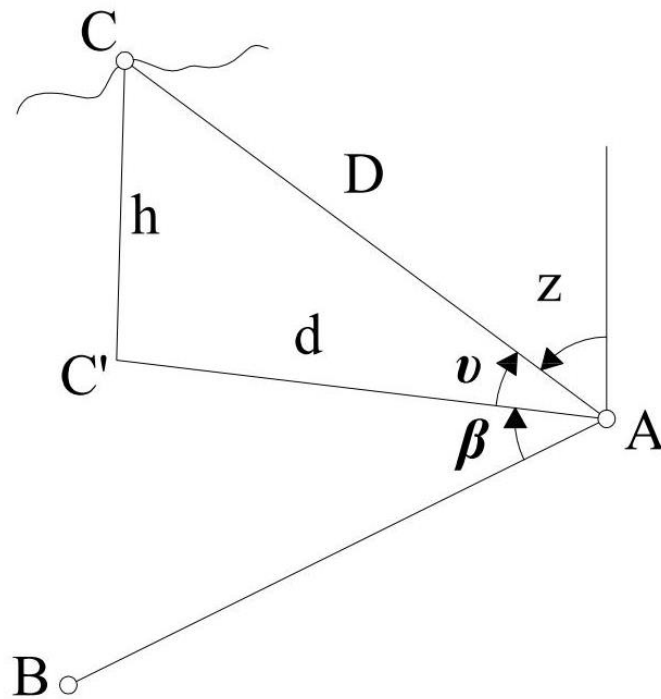


Рис. 1. Геометричні елементи тахеометричного знімання

Точку, над якою встановлений прилад, називають **станція**. Точку, положення якої визначається під час зйомки за встановленою на ній тахеометричною рейкою, називають **рейковою точкою** або **зйомочним пікетом**.

Для визначення висотного положення точки **C** застосовують тригонометричне нівелювання, вимірюючи вертикальний кут (кут нахилу) v , який відраховується за лімбом вертикального круга або зенітну відстань z та відстань D від станції до рейкової точки.

Горизонтальне прокладення d і перевищення h обчислюють. У разі застосування електронних та номограмних тахеометрів горизонтальне прокладення і перевищення (висота точки) можуть бути отримані безпосередньо на станції. Метод тахеометрії передбачає, що рейкові точки є доступними для встановлення тахеометричної рейки.

Планове положення точок основи тахеометричного знімання визначають прокладанням тахеометричних ходів, геодезичними засічками та іншими способами. Висотне положення зйомочних точок визначається геометричним нівелюванням технічної точності або ж тригонометричним нівелюванням.

Тахеометричне знімання відрізняється від теодолітного тим, що крім ситуації проводиться знімання рельєфу місцевості. Під час тахеометричного знімання, як і під час теодолітного, ведеться абрис, але на ньому додатково показують структурні лінії рельєфу.

У порівнянні з мензульним зніманням, тахеометричне має перевагу в тому, що плани будують в камеральних умовах, завдяки чому зменшуються вимоги до погоди, виникає можливість швидше виконати польові роботи. Крім того, план тахеометричного знімання може бути складений у більш короткий термін, оскільки камеральні роботи можуть виконуватися іншим виконавцем після завершення польових вимірів. Тобто поки йде знімання чергового дня, попередні результати можуть бути нанесені на план.

Недолік тахеометричного знімання в порівнянні з мензульним у тому, що під час складання плану в камеральних умовах виконавець не бачить місцевості і тому не може виявити допущені недоліки (пропуски, викривлення контурів, помилки в зображенні рельєфу та ін.) шляхом співставлення плану з місцевістю. Тахеометричне знімання застосовується як самостійно, так і в поєднанні з іншим видами топографічних знімань.

2. Прилади для тахеометричного знімання

Тахеометричне знімання виконують електронними, авторедукційними, номограмними тахеометрами, оптичними теодолітами з встановленими на них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками і, як виняток, теодолітами.

Крім зазначених приладів, для тахеометричного знімання використовують цифрові термінали даних типу GRE 4а, які дають змогу реєструвати числову та текстову інформацію і виконувати кодування предметів місцевості в польових умовах, а також різноманітні графопобудовники, які після відповідної обробки матеріалів за допомогою програмно-технологічних комплексів типу: Топоград, Digital, AutoCAD, що дають змогу автоматизовано отримувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді. Під час роботи з тахеометрами застосовують спеціальні рейки та спеціальні віхи для віддалемірних відбивачів.

Сучасні *тахеометри* – це геодезичні прилади, які мають кутомірний та віддалемірно-висотний пристрій, що дозволяє визначати горизонтальне прокладення і перевищення за рейкою або відбивачем безпосередньо на станції без допоміжних операцій. Найширше розповсюдження отримали оптико-механічні перетворювачі у вигляді номограм, зображення яких введено у поле зору труби тахеометра.

Номограмні тахеометри 2ТН (2ТаН) являють собою сукупність теодоліта Т5-К та номограмного далекоміра-висотоміра, що дозволяє

під час візування на рейкову точку за лініями сітки відраховувати горизонтальне прокладення і перевищення.

Роль рівня при вертикальному крузі виконує оптичний компенсатор, який автоматично встановлює відліковий штрих у вертикальне положення. Зорова труба дає пряме зображення. Номограмний круг, встановлений нерухомо на одній осі з горизонтальною віссю обертання зорової труби, криві номограми видно в полі зору зорової труби, як і у кіпрегеля КН, тільки при лівому крузі положення вертикального круга. При вимірюванні горизонтальних прокладень та перевищень початкову криву 0 наводять на нульовий штрих рейки, який дорівнює висоті тахеометра. Відраховуючи відлік за рейкою навпроти кривої з коефіцієнтом віддалеміра 100, отримують горизонтальні прокладення.

Перевищення отримують, записуючи відліки навпроти похилих кривих з коефіцієнтами далекоміра, які з'являються в полі зору зорової труби залежно від значення кутів нахилу візирної осі. При від'ємних значеннях перевищень коефіцієнт позначається знаком "-".

Горизонтальні кути та кути нахилу тахеометром визначають при обох положеннях кругів, використовуючи відліковий мікроскоп. Тахеометр має маховичок, який дозволяє орієнтувати лімб у заданому напрямку, встановлюючи початковий відлік 0° .

Лімб вертикального круга має секторну оцифровку від 0° до 75° та від -0° до -75° , що дозволяє зчитувати відліки з урахуванням знака кута нахилу. Знак кута нахилу відповідає дійсності тільки при крузі ліво.

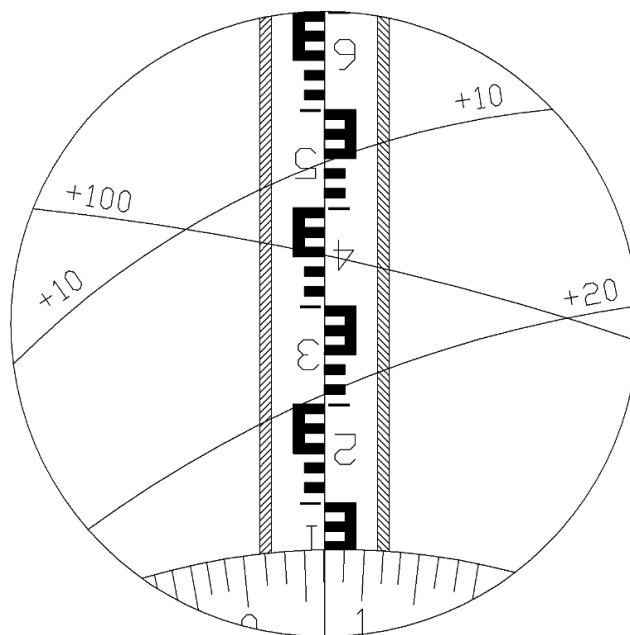


Рис. 2. Поле зору номограмного тахеометра

В алідадну частину тахеометра вбудований оптичний центрир. Тахеометр 2ТН може бути укомплектований картографічним столиком (рис. 3).

Принцип роботи столика базується на комбінації графічного методу побудови плану місцевості з оптичним. Він являє собою механічний пристрій для закріплення креслень основи і напівавтоматичного нанесення точок місцевості. Для зйомки місцевості тахеометр з'єднують з картографічним столиком за допомогою підставки, висота якої вибрана з таким розрахунком, щоб окуляр тахеометра і поверхня столика були зручні для вираховування результатів зйомки і складання топографічного плану.

Підставка столика включає корпус із затискним гвинтом, притискну і опорну пластини, підйомні гвинти. У корпусі підставки зроблений посадочний отвір для установки тахеометра. Корпус з допомогою кронштейна з'єднується з алідадною частиною тахеометра. У корпус столика вмонтоване обертаюче коло з притискним кільцем. На робочу поверхню кола укладається креслярська прозора основа (калька, лавсан, пластик). Під час обертання алідади тахеометра спільно з корпусом столика, всередині столика з тією ж швидкістю, але в зворотному напрямку, обертається круг. Таким чином, креслення щодо місцевості завжди залишається нерухомим. Точки на план наносяться наколюванням голкою, укріпленою на санчатах і переміщається разом з ними паралельно колімаційній площині зорової труби тахеометра. На санчатах встановлена змінна масштабна лінійка, по якій проводиться відлік.

Нанесення знятих точок та рисовка плану виконується на креслярському аркуші діаметром 250 мм безпосередньо на станції. Похибка нанесення пікетів не перевищує $\pm 0,1$ мм. Журнал зйомки при цьому не ведеться, оскільки пікети наносять на абрис у масштабі плану і відразу підписують їх позначки.

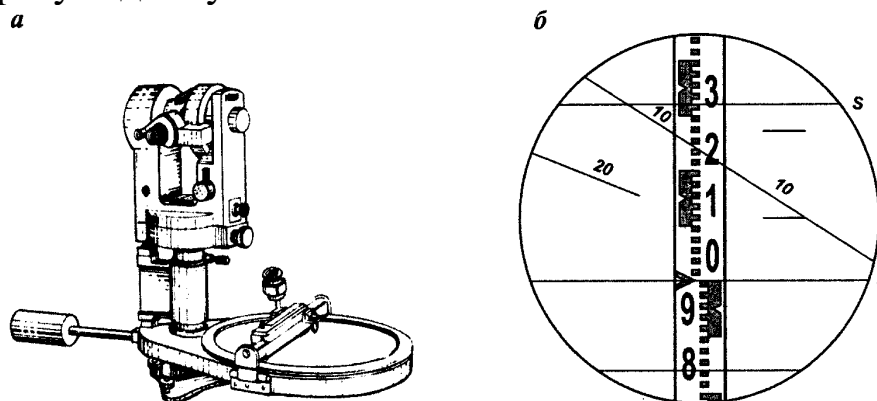


Рис 3. Номограмний тахеометр 2Тн з картографічним столиком:
а – загальний вигляд, б – поле зору

Тахеометр 2ТН дозволяє вимірювати кути з середньою квадратичною помилкою (СКП) $\pm 6''$, СКП вимірювання відстаней за номограмними кривими – 15 см на 100 м, СКП вимірювання перевищень – 3, 5, 10 та 15 см на 100 м для коефіцієнтів далекоміра-висотоміра 10, 20, 50 та 100 відповідно. Діапазон дії компенсатора вертикального круга – $4'$, погрішність встановлення компенсатора $\pm 2''$.

Також під час тахеометричного знімання застосовуються номограмні тахеометри виробництва фірми Цейс Йена (НДР) Дальта-010 та Дальта – 020. За призначенням, побудовою, надійністю і точністю вимірів вони суттєво не відрізняються від тахеометрів 2ТН.

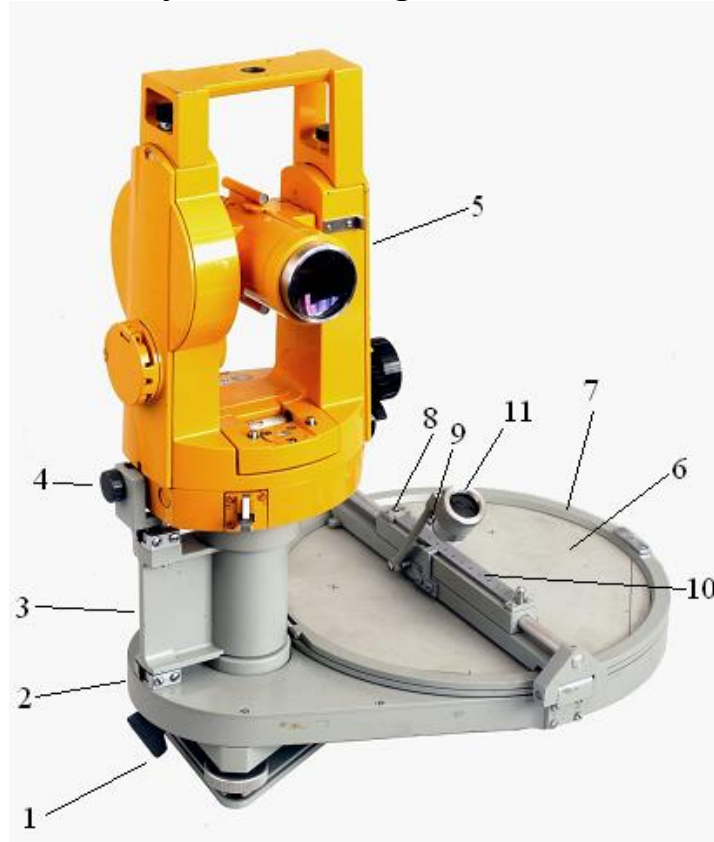


Рис. 4. Номограмний тахеометр Дальта-010 з картографічним столиком

Картографічний столик складається з таких основних частин:

- 1) Трегер картографічного столика;
- 2) Рухлива частина корпусу картографічного столика;
- 3) Підставка;
- 4) Закріпний гвинт столика з тахеометром;
- 5) Тахеометр;
- 6) Коло з креслярським папером;
- 7) Зажимне кільце;
- 8) Санчата для кріплення масштабної лінійки та голки;

- 9) Голка;
- 10) Масштабна лінійка;
- 11) Лупа.

Під час тахеометричного знімання широко використовується електронно-оптичний тахеометр Та 5, який належить до приладів напівавтоматичного типу. Цей прилад призначений для вимірювання кутів і віддалей, отримання горизонтальних прокладень, перевищень, приростів координат під час виконання геодезичних робіт. Тахеометр Та 5 (рис. 5) – це прилад, який конструктивно поєднує теодоліт 2Т5К з світловіддалеміром СТ-5, обчислювач на мікропроцесорах та клавіатуру управління. Результати вимірювань і обчислень можуть автоматично передаватись на зовнішній пристрій реєстрації – накопичувач інформації для подальшої обробки на ЕОМ.

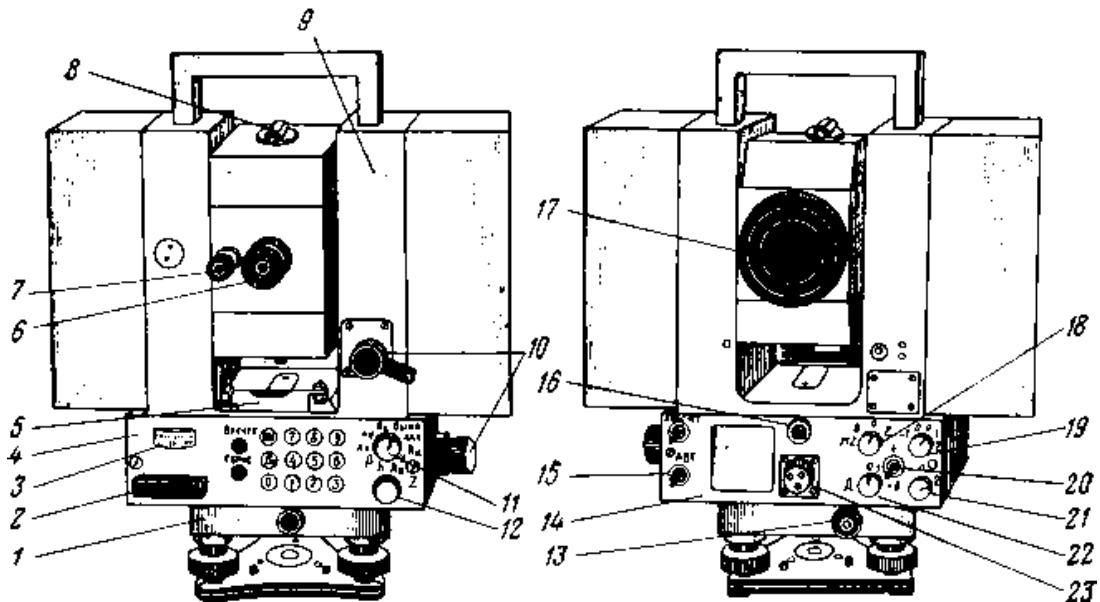


Рис. 5. Електронний тахеометр Та 5

1 – підставка, 2 – цифрове табло, 3 – стрілочний прилад, 4 – панель управління, 5 – циліндричний рівень, 6 – окуляр зорової труби, 7 – відліковий мікроскоп, 8 – коліматорний візир, 9 – колонка, 10 – навідні гвинти, 11 – перемикач режиму робіт, 12 – ручка регулювання рівня сигналу, 13 – роз'єм для підключення джерела живлення, 14 – панель комутації, 15 – перемикач автоматичного виключення мікрокалькулятора, 16 – оптичний центрир, 17 – об'єктив зорової труби, 18, 20 – перемикачі введення місця zenіту, 19, 21 – перемикачі введення поправки за метеоумови, 22 – перемикач введення 1 км, 23 – ручка перестановки горизонтального кола приладом, відповідним діапазону і точності лінійних вимірів у міській полігонометрії

Відліки з лімбів знімаються візуально і вносяться у обчислювач за допомогою клавіатури набірною поля. Результат вимірювання віддалей вводиться в обчислювач автоматично. Згідно із заданою програмою обчислювач розв'язує задачу і видає на табло результат вимірювання:

- горизонтальне прокладання;
- перевищення;
- приріст прямокутних координат;
- зенітну віддаль з врахуванням поправки за місце нуля.

3. Знімальне обґрунтування тахеометричного знімання.

Тахеометричні ходи

Знімальне обґрунтування тахеометричного знімання складають пункти триангуляції та полігонометрії, які визначені в плані і за висотою. Але через те, що відстані між ними великі, необхідно згущення наявної геодезичної мережі прокладанням тахеометричних ходів, параметри яких повинні відповідати технічним вимогам.

Прокладка тахеометричних ходів складається з вибору та закріплення точок повороту, наступного виміру довжин ліній, горизонтальних і вертикальних кутів. Довжини ліній визначаються віддалемірами в прямому та зворотному напрямі, а кути повним прийомом при обох кругах.

До виконання польових робіт доцільно скласти проект тахеометричних ходів. Під час рекогносрування проект уточнюють і точки ходу закріплюють на місцевості центрами, які забезпечують їх збереження.

Результати вимірів при прокладенні ходу записують у журнал. У журнал вимірів тахеометричного ходу записують дату спостережень, прізвище спостерігача та його помічника, дані про погоду та вихідні дані тахеометричного знімання, а саме: номер станції та висоту приладу, номер точок візування, відліки по горизонтальному та вертикальному кругах з кожного з напівприймів, висоту рейки (точки, на яку проводилися вимірювання кута нахилу), та відстань, виміряну віддалеміром.

За вихідними даними вираховують середні значення горизонтального кута (доцільно зробити примітку – ліві чи праві за ходом), кута нахилу (з урахуванням місця нуля), горизонтальних прокладень (при кутах нахилу більш 2°) та перевищення.

Під час вимірювання відстаней нитковим віддалеміром горизонтальні прокладення обчислюють за формулою:

$$d = D \cdot \cos^2 v, \quad (1)$$

де d – горизонтальне прокладення;

D – виміряна відстань;

v – кут нахилу.

Обчислення в журналі виконують, як правило, з використанням калькулятора. При цьому необхідно контролювати правильність вимірів горизонтальних кутів, вертикальних кутів, відстаней та розходження між прямим та зворотним перевищеннями (так звані польові контролю).

Приклад журналу ведення спостережень технічним теодолітом наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Журнал вимірів тахеометричного ходу

Дата 30.05.15.

Погода: хмарно

Спостерігав: Петренко А. Обчислював: Гринько О.

Видимість: добра

№ станц.	№ точок приладу, i, m	Горизонтальний круг			№ точок візування Вис. рейки m	Вертикальний круг			Відстань, D Гор. проклад. d, m	Перевищення h, m
		Л	Відліки	Кут Л Сер.знач. Кут П		Л	Відліки	МО Кут нахилу, v		
2	1	Л	54°45,'6	0°35,'3						
	3		53°10,'3							
1,43	1	П	235°10,'2	0°35,'5	3	Л	0°23,'5	0°00,'0	174,9	+0,50
	3		234°34,'5	0°35,'7	3.00	П	359°36,'5	0°23,'5	174,9	
3	2	Л	183°21,'6	90°09,'5						
	4		93°12,'1							
1,15	2	П	8°27,'2	90°09,'5	4	Л	0°53,'8	0°00,'0	202,8	+2,34
	4		278°17,'7	90°09,'5	3.00	П	359°06,'2	0°53,'8	202,8	
4	3	Л	277°43,'2	85°08,'1						
	5		192°35,'1							
1,15	3	П	92°39,'7	85°08,'0	5	Л	359°54,'5	0°00,'0	260,8	-0,96
	5		7°31,'8	85°07,'9	3.00	П	0°05,'5	-0°05,'5	260,8	
5	4	Л	11°40,'6	295°50,'6						
	6		75°59,'8							
1,32	4	П	192°26,'8	295°50,'6	6	Л	359°42,'2	0°00,'0	234,5	-1,69
	6		256°36,'1	295°50,'7	3.00	П	0°17,'7	-0°17,'7	234,5	
6	5	Л	313°19,'2	281°22,'1						
	7		31°57,'1							
1,26	5	П	142°01,'4	281°22,'2						
	7		220°39,'2	281°22,'2						

Примітка: горизонтальні кути обчислені праві за ходом

Контроль вимірів горизонтальних кутів. Горизонтальні кути обчислюють з точністю до $0,1'$ при вимірюванні кутів теодолітами технічної точності, або до $1''$, коли вимірювання виконують електронними, авторедукційними, номограмними тахеометрами, оптичними теодолітами з встановленими на них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками. Якщо розходження між значеннями кутів у напівприйомах не перевищує $\pm 1'$ у разі вимірювання кутів теодолітами технічної точності, або до $\pm 20''$, коли вимірювання виконують електронними, авторедукційними, номограмними тахеометрами, оптичними теодолітами з встановленими на них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками, то виміри задовільні і за дійсне значення кута приймають середній результат.

Контроль вимірів вертикальних кутів. Вертикальні кути обчислюють з такою ж точністю, як і горизонтальні. Контролем вимірів є коливання місця нуля (МО). Якщо розходження між значеннями МО на задню та передню точки ходу не перевищує $\pm 1'$ при вимірюванні кутів теодолітами технічної точності, або до $\pm 20''$, коли вимірювання виконують електронними, авторедукційними, номограмними тахеометрами, оптичними теодолітами з встановленими на них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками, тоді обчислюють кут нахилу.

Контроль вимірів відстаней. Розходження між відстанями, виміряними прямо і зворотнє повинно перевищувати $1/400$ довжини лінії.

Контроль розходження між прямим та зворотним перевищеннями. Розходження між прямим та зворотним перевищеннями по лінії ходу не повинно перевищувати 4 см на 100 м. Прилад зі станції знімається тільки після перевірки виконання польових контролів.

Вимірювання кутів при прокладанні ходів рекомендується виконувати триштативним методом. При цьому використовують штативи, підставки для теодолітів та візирні марки з полігонометричних або далекомірних комплектів. Суть методу полягає в тому, що одночасно на три сусідні точки ходу встановлюють та центрують три штативи з підставками. На задню та передню точки ходу встановлюють у підставки візирні марки, а на середню точку прилад, яким виконуються виміри.

Після завершення спостережень штатив із задньої точки ходу знімається та встановлюється на наступну точку ходу. Прилад

виймається з підставки, а на його місце встановлюється марка із задньої точки. Виймається марка з підставки передньої точки та на її місце встановлюється прилад, а зняту марку встановлюють на штативі наступної точки ходу. Надалі вказані дії повторюються. Таким чином вдається уникнути поправок за центрування та редукцію і скоротити час на виконання польових робіт.

4. Технічні вимоги до обґрунтування тахеометричного знімання

При тахеометричному зніманні щільність пунктів знімальної основи повинна забезпечувати можливість прокладання тахеометричних ходів, які відповідали б технічним вимогам, що встановлені для кожного виду робіт та приладів різної точності. Так, роботи, що виконуються із застосуванням оптичних тахеометрів та теодолітів, повинні відповідати вимогам, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Примітка. При зніманні в масштабі 1:500 лінії в тахеометричних ходах вимірюють металевою рулеткою або стрічкою

Коли роботи виконуються із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками, це відповідає вимогам, що наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	10000	1000	50
1:2000	5000	700	30
1:1000	3000	500	25
1:500	2000	350	20

Кути в тахеометричних ходах вимірюють одним повним прийомом. Коливання значень кутів, що одержані із напівприймів, не повинні перевищувати $\pm 20''$ при вимірюванні кута точним теодолітом і $\pm 1'$ – при вимірюванні кута 30-секундним теодолітом.

Кутові нев'язки в тахеометричних ходах не повинні перевищувати: при вимірюванні кутів оптичними теодолітами:

$$f_{\beta} \pm 20'' \sqrt{n}, \quad (2)$$

при вимірюванні кутів теодолітами 30-секундної точності:

$$f_{\beta} \pm 1' \sqrt{n}, \quad (3)$$

де n – кількість кутів у ході.

Допустимі лінійні неув'язки в тахеометричних ходах під час вимірювання ліній оптичними тахеометрами і теодолітами визначають за формулою:

$$f_s = \frac{S}{400\sqrt{n}}, \quad (4)$$

де: S – довжина ходу (в м); n – кількість ліній у ході.

Під час вимірювання ліній електронними тахеометрами та оптичними теодолітами з світловіддалемірними насадками відносна лінійна похибка не повинна перевищувати $1/2000$ за умови, що абсолютні лінійні похибки не повинні перевищувати 2,0 м для знімання в масштабі 1:5000; 1,0 м – 1:2000; 0,6 м – 1:1000; 0,3 м – 1:500. При цьому в лінії, довжини яких перевищують 500 м, слід вводити поправку за рефракцію.

Висотна нев'язка не повинна перевищувати:

$$f_h = \frac{S}{400\sqrt{n}}, \quad (5)$$

де S – довжина ходу (м); n – кількість ліній у ході.

5. Робота на станції тахеометричного знімання

Під час тахеометричного знімання вимірювання ситуації і рельєфу може виконуватися одночасно з прокладенням тахеометричних ходів або після того, як вони прокладені. Порядок вимірювань під час прокладення ходів загальний. Знімання виконується полярним методом.

Під час зйомки ситуації і рельєфу тахеометр встановлюють над точкою зйомочної основи (станції) і горизонтують. Потім вимірюють і записують в журнал тахеометричного знімання висоту приладу з точністю ± 1 см, вимірюють і обчислюють місце нуля вертикального круга. Далі орієнтують нуль лімба горизонтального круга на суміжну точку ходу та виконують виміри відстаней, горизонтальних та вертикальних кутів на рєсчні точки.

Для обчислення перевищень вимірювання вертикальних кутів можливо проводити наведенням **на верх рейки горизонтальної нитки сітки ниток зорової труби**. Під час таких спостережень обчислення перевищень виконується за формулою:

$$h_i = h' + i - r, \quad (6)$$

де d – горизонтальне прокладення, v – кут нахилу, i – висота приладу, r – висота рейки.

Для спрощення подальших розрахунків на рейці від п'ятки відкладають і відмічають висоту приладу, а якщо рейка має висувну п'ятку, то встановлюють початковий індекс на висоту приладу. Тоді висота рейки дорівнює висоті приладу ($i = r$) і формула для обчислення спрощується та приймає вигляд:

$$h_i = d \cdot \operatorname{tg} v . \quad (7)$$

Для виконання знімів рейкових точок рекомендується використовувати прогресивний спосіб одного наведення на рейку (рис. 6), запропонований професором А.І. Петренком. Для цього суміщають **нижній віддалемірний штрих сітки ниток зорової труби з верхом рейки**, приводять бульбашку рівня при вертикальному крузі на середину (у разі відсутності компенсатора) і записують відліки: віддалемірний відлік по рейці, відліки по вертикальному і горизонтальному колах і записують у журнал.

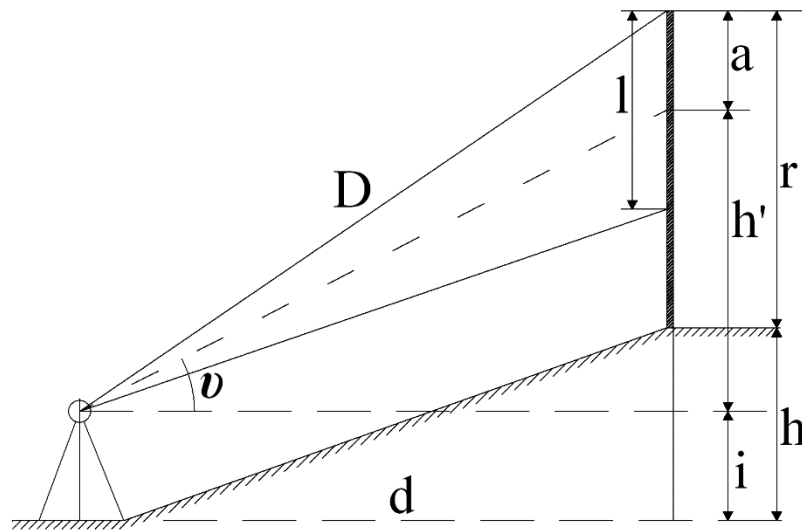


Рис. 6. Тригонометричне нівелювання способом одного наведення на рейку

За даними рис. 6, висота візування:

$$v = r - a , \quad (8)$$

де $a = \frac{l}{2}$ – половина віддалемірного відліку.

З урахуванням цього формула для обчислення перевищень набуває вигляду:

$$h_i = d \cdot \operatorname{tg} v + i - r + a . \quad (9)$$

Всі вимірювання записують в журнал тахеометричного знімання у розділ «Запис вимірювання пікетів», при цьому обов'язково вказується спосіб наведення на рейку. Приклад ведення журналу наведено у табл. 4.

Журнал тахеометричного знімання

Запис вимірювання пікетів

№ ст. 2 Дата 30.05.15 Вим. Петренко А. Теодоліт Т-15 № 3045

Нст.=110.53м і=1.43м КЛ 0°17'.7 КП 359°42'.1 МО - 0'.1

Спостережувані точки	Відліки по			Кут нахилу, v°	Гор. прокл. d, м	Перевіщення, h	Висоти точок, Н, м	Примітки
	Відстань D, м	кругах						
		вертикальному	горизонтальному					
Ст.3			0° 00'.0					
1	45.10	0°51'.1	77°30'.1	0°51'.2	45.10	-0.68	109,65	Дерево
2	139.70	5°18'.2	124°12'.6	5°18'.3	138.51	11.98	122,51	Перех. доріг
...								
7	68.20	-1°53'.3	145°02'.8	-1°53'.4	68.20	-3.48	107,05	Кут будинк.
Ст.3			359°59'.9					

Примітка: Наведення на верх рейки проводилося нижньою віддалемірною ниткою

Після закінчення знімання обов'язково перевіряють незмінність орієнтування лімба (замикання горизонту). Для цього зорову трубу приладу навести на початкову точку і взяти відлік по лімбі горизонтального круга. Відлік не повинен відрізнятися від виставленого на початку спостережень більше ніж на $\pm 1',5$, коли виміри виконуються із застосуванням оптичних тахеометрів і теодолітів, та на $\pm 20''$ – із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками.

Допустимі віддалі до пікетів встановлені Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1: 5000, 1:2000, 1:1000 та 1: 500 і залежать від масштабу зйомки, висоти перерізу рельєфу і типу зйомочного пікету (табл. 5, 6).

Зйомочні пікети вибирають на місцевості так, щоб не допустити пропусків. Тому з кожної станції визначається декілька пікетів, що визначені із сусідніх станцій. Помічник спостерігача окомірно обстежує місцевість, що підлягає зніманню, визначає структурні лінії рельєфу, позначає загальний хід горизонталей.

Густота пікетів вибирається такою, щоб між сусідніми пікетами схил поверхні можна було вважати постійним. Пікети не повинні розміщуватися рідше, ніж вказано у табл. 5, 6, але краще виконувати знімання з перекриттям, рівним приблизно половині відстані між пікетами, прийнятими для цього масштабу знімання.

Тахеометрична зйомка ведеться звичайно спостерігачем,

помічником спостерігача та двома-трьома реєчниками. У той час, коли спостерігач виконує вимірювання тахеометром на станції, помічник визначає точки встановлення рейок, веде журнал і складає абрис. На практиці можлива й інша кількість виконавців та розподіл обов'язків між ними, але зміст робіт на станції повинен відповідати вимогам до виконання виду робіт.

Як було вказано раніше, при тахеометричному зніманні обов'язково ведеться абрис. Це дуже важливий документ, тому що виконавець, який складає план, як правило, не бачив місцевості.

Абрис (рис. 7) при тахеометричному зніманні – це схематичне зображення ситуації і рельєфу. Абрис орієнтують відносно сторін світу та оформлюють умовними знаками (з пояснювальними записами), приблизно дотримуючись масштабу знімання, на окремих для кожної станції аркушах, що орієнтовані по ходу і на яких показують напрям орієнтування лімба. В абрисах показують структурні лінії рельєфу (тальвеги, вододіли, перегини схилів і т. ін.) та схематично рельєф (горизонталями).

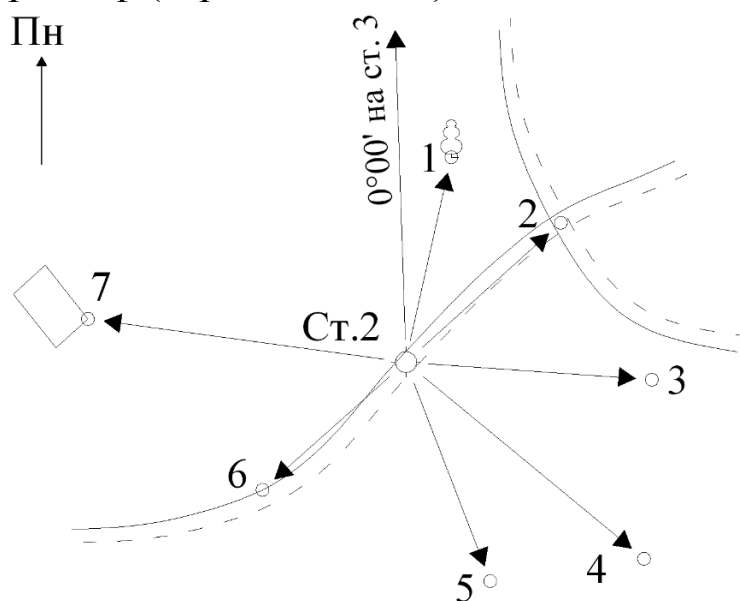


Рис. 7. Абрис тахеометричного знімання

6. Технічні вимоги до роботи на станції тахеометричного знімання

Віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами не повинні перевищувати величин, що наведені в табл. 5, коли застосовують оптичні тахеометри і теодоліти;

Таблиця 5

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м

1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

Примітка. При визначенні положення нечітких або другорядних контурів відстані збільшують у 1,5 раза

Коли застосовують електронні тахеометри та оптичні теодоліти з світловіддалемірними насадками, використовують вимоги, наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м
1:5000	0,5	60	1000	1000
	1,0	80	1000	1000
	2,0	100	1000	1000
	5,0	120	1000	1000
1:2000	0,5	40	750	750
	1,0	40	750	750
	2,0	50	750	750
1:1000	0,5	20	600	600
	1,0	30	600	600
1:500	0,5	15	500	500
	1,0	15	500	500

Примітка. При використанні радіостанцій віддалі до контурів збільшуються у 1,5 раза

Під час виконання тахеометричного знімання потрібно контролювати стабільність орієнтування приладу, результати перевірки записують у журнал або реєструють у терміналі цифрових даних електронних тахеометрів. Зміна значення орієнтирного напрямку за період знімання на станції допускається не більше $\pm 1',5$ при зніманні оптичними тахеометрами і теодолітами і $\pm 20''$ – при зніманні електронними тахеометрами та оптичними теодолітами з світловіддалемірними насадками.

З метою контролю і уникнення пропусків (вікон) під час тахеометричного знімання, треба визначати з кожної станції декілька пікетів, що визначені із сусідніх станцій.

Перевищення під час знімання рівнинних ділянок рекомендується визначати горизонтальним променем. Горизонтальність візирної осі забезпечується встановленням по вертикальному кругу відліку, що дорівнює місцю нуля. Виміряні на станції віддалі до пікетних точок записують у польовий журнал або реєструють у терміналі даних електронних тахеометрів.

Під час виконання знімання з використанням електронних тахеометрів та польових комп'ютерів з необхідним програмним забезпеченням створюють безпосередньо в полі електронний план місцевості ("режим розумного знімання").

Пікетні точки повинні бути без пропусків і рівномірно покривати територію знімання. Для забезпечення цієї вимоги детально оглядають місцевість, що підлягає зніманню з цієї станції, і порівнюють дані огляду з абрисами суміжних точок.

7. Камеральні роботи під час тахеометричного знімання

Виконання польових робіт під час тахеометричного знімання слід поєднувати з негайною повною камеральною обробкою матеріалів знімання. При цьому здійснюють:

- перевірку польових журналів і складання детальної схеми знімальної основи;
- обчислення координат і висот точок тахеометричних ходів;
- обчислення висот усіх пікетів на станціях;
- накладання точок знімальної основи, тахеометричних (теодолітних) ходів, пікетних точок; проведення горизонталей і накладання ситуації.

Під час перевірки польових журналів та складанні детальної схеми знімальної основи контролюють правильність обчислення горизонтальних та вертикальних кутів, відстаней та горизонтальних прокладень. Перевіряють перевищення, виводять їх середні значення та складають детальну схему знімальної основи.

Обчислення плоских прямокутних координат точок тахеометричних ходів виконують аналогічно теодолітним ходам з точністю до 0,01 м, враховуючи формули допустимих нев'язок, установлених технічними вимогами.

Обчислення висот точок тахеометричних ходів виконують аналогічно нівелірним ходам також з точністю до 0,01 м, враховуючи формули допустимих нев'язок, установлених технічними вимогами.

Обчислення ведуть у відомості, або на схемі, обов'язково враховуючи спосіб наведення на рейку під час вимірювання вертикальних кутів.

У відомість вписують номери точок і відстані, знаходять загальну довжину ходу (ΣS). Вписують прямі та зворотні перевищення ($h_{пр}$, $h_{зв}$) і обчислюють середні. Прямі та зворотні перевищення відрізняються знаками, тому знак середнього перевищення ставиться завжди прямого напрямку.

Далі підсумовують середні перевищення і знаходять їх практичну суму ($\Sigma h_{п}$), а різниця висот кінцевої і початкової твердих точок дає теоретичну суму ($\Sigma h_{т}$). Розбіжність між сумою середніх перевищень ($\Sigma h_{п}$) практичною і теоретичною сумою ($\Sigma h_{т}$) називається нев'язкою, яка обчислюється за формулою:

$$f_h = \Sigma h_n - \Sigma h_m . \quad (10)$$

Нев'язка не повинна перевищувати допустиму, що встановлена технічними вимогами. Коли нев'язка не перевершує допуск, її розподіляють зі зворотним знаком пропорційно довжинам сторін ходу. Враховуючи поправки, обчислюють ув'язані перевищення ($h_{ув}$). Висоти точок ходу обчислюють за формулою:

$$H_{i+1} = H_i + h_{ув} . \quad (11)$$

Контролем правильності обчислень є одержання висоти заданої кінцевої твердої точки.

Таблиця 7

Відомість урівнювання перевищень і обчислення висот точок тахеометричного ходу

Номери точок	Відстані, м	Перевищення, м			Поправки	Перевищення ув'язані	Висоти Н, м
		прямі	зворотні	середні			
2							110,53
	175,2	+0,50	-0,52	+0,51	0	+0,51	
3							111,04
	202,4	+2,34	-2,35	+2,34	-0,01	+2,33	
4							113,37

	261,0	-0,96	+0,97	-0,96	-0,01	-0,97	
5							112,40
	234,4	-1,69	+1,68	-1,68	-0,01	-1,69	
6							110,71
Σ	873,0			+0,21		+0,18	

$$\Sigma h_n = +0,21 \text{ м}$$

$$\Sigma h_m = +0,18 \text{ м}$$

$$f_h = +0,03 \text{ м}$$

$$f_{h \text{ доп}} = \frac{0,04 \times 8,7}{\sqrt{4}} = 0,17 \text{ м}$$

Аналогічно обчислення ведуть і на схемі ходу (рис. 8), де середні перевищення показані в овалах, над ними записані поправки, а ув'язані перевищення наведені в прямокутниках.

Приклад урівнювання перевищень на схемі:

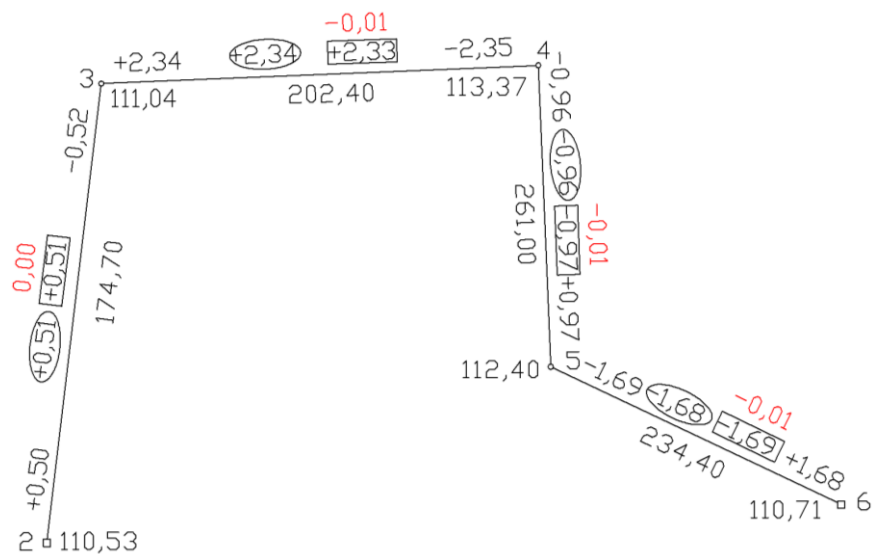


Рис. 8. Схема урівнювання перевищень і обчислення висот точок тахеометричного ходу

Обчислення висот пікетів на станціях виконується відповідно до прикладу, наведеному у табл. 5.

Накладання точок знімальної основи, тахеометричних ходів, пікетних точок; проведення горизонталей і накладання ситуації

План складають за принципом «від загального до часткового». Спочатку будують координатну сітку, потім наносять головні опорні пункти, за ними точки тахеометричних ходів. Далі за даними польового журналу та абрису наносять пікети. Пікети зручно наносити круглим транспортиром (тахеографом). Поряд з кожною реєчною точкою виписують її відмітку.

Перед нанесенням горизонталей необхідно, користуючись абрисом, пунктирними лініями нанести скелет рельєфу – його

характерні лінії і головні точки. Після цього приступають до інтерполювання і нанесення горизонталей. Інтерполювання відміток горизонталей виконується аналітичним або графічним способами аналогічно як при складанні плану нівелювання поверхні.

План, складений олівцем за результатами тахеометричного знімання, обов'язково порівнюють з місцевістю – це так звана польова перевірка. За необхідності застосовують прилади. Якщо результати задовільні, то план оформлюють відповідно до умовних знаків.

Для автоматизації цих робіт пропонується використовувати різноманітні програмні комплекси, які дають змогу виконувати всі обчислення та формувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді. Кожен планшет прямо в полі старанно коректують і перевіряють, порівнюючи рельєф і ситуацію, що відображені на планшеті, з місцевістю. Точність знімання перевіряють інструментально. Автоматизація обробки тахеометричної зйомки не тільки підвищує продуктивність камеральних робіт і якість планів, але й паралельно створюється база цифрових топографічних даних, що застосовується у системах САПР і геоінформаційних системах.

8. Здавальні матеріали

Після виконання тахеометричного знімання здають:

- абриси до відповідних планшетів;
- журнали тахеометричного знімання або роздруковані результати з терміналу електронних тахеометрів;
- план тахеометричного знімання;
- схему знімальної основи;
- формуляр плану (при виконанні тахеометричного знімання у масштабах 1:1000, 1:500 на прозорій основі формуляр не складають, необхідні дані розміщують за рамками плану);
- відомості обчислення координат і висот знімальної основи;
- акти контролю і приймання робіт.

9. Електронне тахеометричне знімання

Електронна тахеометрична зйомка – топографічна зйомка, зроблена за допомогою електронного тахеометра, в результаті якої отримують план місцевості із зображенням ситуації та рельєфу.

У цей час електронна тахеометрична зйомка є найпоширенішою зйомкою місцевості в усьому світі.

Використання такого роду зйомки дозволяє виключити всі проміжні операції, властиві звичайним тахеометричним зйомкам, виконуваним за допомогою оптичних теодолітів або номограмних тахеометрів, пов'язані зі зчитуванням відліків, записом у польові тахеометричні журнали, обробкою польових журналів, ручною підготовкою топографічних планів, дігіталізацією планів при підготовці ЦМР. Всі ці операції не тільки різко знижують продуктивність робіт, але і неминуче призводять до появи певної кількості грубих помилок і прорахунків, що впливають до зниження якості кінцевої роботи.

Електронна тахеометрична зйомка виконується за основними правилами звичайної тахеометричної зйомки, але є велика перевага. При створенні планово-висотного обґрунтування немає необхідності в частому розміщенні знімальних точок обґрунтування. Це пов'язано з тим, що сучасні електронні тахеометри забезпечують вимірювання горизонтальних відстаней від 1,5 м до 5 км зі звичайною похибкою ± 5 мм та горизонтальних кутів зі середньоквадратичною похибкою $\pm 4''-6''$. Все це забезпечує визначення координат точок місцевості і їх висот з необхідною точністю при розміщенні знімальних точок з кроком більше 500 м. Тому розміщення точок знімального обґрунтування електронних зйомок і їх число визначається насамперед умовами чіткості зображення знімальної місцевості. Зйомка точок ведеться у звичайному порядку, але замість рейок використовують тахеометричні віхи з одним відбивачем.

Експорт даних польових вимірювань в пам'ять польового або базового комп'ютера і подальшу їх остаточну обробку здійснюють з використанням відповідного програмного забезпечення.

10. Електронне тахеометричне знімання за методом вільного вибору станцій

Застосування методу вільної станції із застосуванням електронного тахеометра дозволяє отримати значний ефект. Особливість цього методу полягає в тому, що прилад у процесі вимірювань встановлюється не над центром вихідного або обумовленого геодезичного пункту, а в деякій точці, положення якої оптимальне для координування і орієнтування приладу, а також для передачі проектних значень координат і висот на вишукувані точки (межові знаки, елементів траси, доріг, меж населеного пункту та ін.). Схема роботи в режимі вільної станції показана на рис. 9.

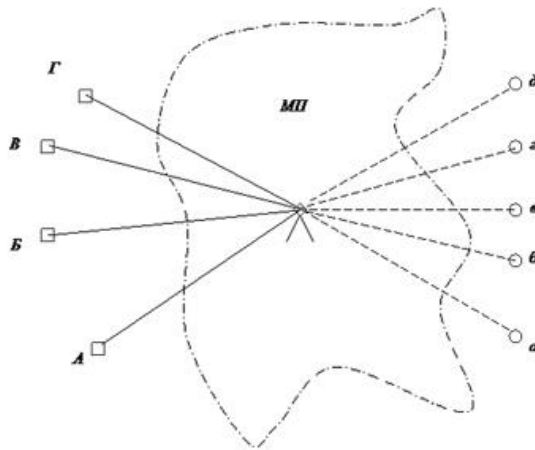


Рис. 9. Схема вимірювань методом вільної станції

А, Б, В, Г, ... – вихідні пункти, доступні для вимірювань з цієї станції; а, б, в, г, ... – проектні або координовані точки, що виносяться; МП – можливе місце розташування приладу, яке надає видимість на вихідні пункти і визначені точки

Слід зазначити, що в режимі вільної станції з допомогою електронного тахеометра можна працювати в просторовій системі координат (суміщені планова і висотна мережі – векторна мережа). Залежно від умов поставленого завдання вимірювання можуть проводитися як із застосуванням відбивача і спеціальної плівки, так і в безвідбивному режимі.

При цьому координати точки встановлення електронного тахеометра не визначають. Зйомка може починатися з будь-якого місця. Набір пікетів у блоці може виконуватися в будь-якому і навіть вільному орієнтуванні лімба горизонтального круга тахеометра. У програмі набору знімальних пікетів повинно бути передбачене лише вимірювання кутів і ліній на зв'язуючі точки суміжних блоків для подальшого складання по них зведеного топографічного плану на всю ділянку місцевості.

Необхідною умовою блокової зйомки є наявність зв'язуючих точок. Ці точки встановлюють під час рекогностування ділянки, в ході якого намічають приблизні місця встановлення тахеометра, з яких буде виконуватися зйомка. Зв'язуючі точки повинні розташовуватися в зонах перекриття зйомок, виконуваних з двох суміжних пунктів, і їх число повинне бути не менше двох на кожній суміжній стороні ділянки. Допускається винесення цих точок за межі знімальної ділянки, якщо за умовами місцевості забезпечується довгострокове збереження.

Як зв'язуючі точки можна використовувати характерні предмети місцевості (труби, щогли, шпилі церков та ін.), якщо вони знаходяться поблизу ділянки місцевості і вписуються в геометричні параметри знімальної основи за методом вільної станції. Зв'язуючим

точкам відведена роль з'єднання окремих блоків зйомки в єдиний для всієї ділянки топографічний план.

11. Сучасні методи нанесення пікетних (рейкових) точок

Електронним тахеометром виконуються різні види робіт за призначенням, складності побудов, вимоги до точності, типу кінцевої продукції. Тому математична обробка може відрізнятися за обсягом у кожному конкретному випадку. Але в цілому можна виділити три основні етапи обробки:

- первинна обробка результатів безпосередніх вимірювань на основі вбудованого ПЗ тахеометра;
- передача інформації з тахеометра на комп'ютер;
- остаточна обробка результатів вимірювань з використанням універсальних програмних пакетів з видачею необхідної інформації, в тому числі в графічному вигляді.

Первинна обробка вимірювання кутів і відстаней тахеометром виконується автоматично. Всі дані записуються в проекти (JOBS) аналогічно комп'ютерним директоріям. Проекти містять результати вимірювання, коди об'єктів, координати твердих точок, відомості про точки стояння та ін. Ці дані можна редагувати, налаштовувати під конкретні завдання, зчитувати і видаляти.

Однак математична обробка ходів та інших складних побудов, а також обробка і нанесення на план матеріалів зйомки повинні виконуватися за спеціальними програмами, яких у наш час велика кількість. Для обробки інформація польових вимірювань передається з електронного тахеометра в комп'ютер.

Обмін інформацією «тахеометр – комп'ютер» і назад виконують за допомогою індивідуальних програм передачі даних, що додаються до комплекту приладу, або універсальних програм, що використовуються для обробки. У тахеометрі Leica фірми «Leica Geosystems» застосовують програмне забезпечення «LEICA Geo Office Tools», що полегшує вирішення всіх завдань геодезії для створення топографічних планів. Можливості цих програм дозволяють будувати цифрові моделі місцевості як на площині, так і у просторі, створювати об'єкти будь-якої складності, площинні і лінійні умовні знаки, будь-які елементи креслення, дають можливість редагування інформації, і миттєвого її виведення на папір. Це у свою чергу значно підвищує точність і якість отриманого матеріалу та дає можливість використовувати високоточну і детальну інформацію безпосередньо із креслення.

Рекомендована література

1. Могильний С.Г. Геодезія. Частина I: підручник / С.Г. Могильний, С.П. Войтенко. – Друге вид., виправл. та допов. – Донецьк, 2003. – 458 с.
2. Ремінський А.А. Геодезія. Ч. 3: навч. посібник / А.А. Ремінський, І.В. Журавель, В.М Опара / Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 1999. – 171 с.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1: 5 000, 1: 2 000, 1: 1 000 та 1: 500. – Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 56 від 09.04.1998. м. Київ.
4. Порицький Г.О. Геодезія: підручник / Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П. Рафальська. – Київ: Арістей, 2007. – 260 с.
5. Грабовий В. М. Геодезія: навч. посібник / В. М. Грабовий. – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 455 с.
6. Геодезія Частина I (Топографія). / Ачасов А.Б., Опара В.М., Балакірський В.Б., Бузіна І.М., Винограденко С.О., Хайнус Д.Д., Сєдов А.О. та інші // Навч. посібник // ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Х.: «Смугаста типографія», 2016. – 236 с., 14,0 ум.друк.арк.
7. Опара В.М., Бузіна І.М., Куришко Р.В., Винограденко С.О., Хайнус Д.Д., Сєдов А.О. Практикум з топографії // Харк. нац. агр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Х.: ХНАУ, 2018. – 100 с., 6,0 ум. друк. арк.

Навчальне видання

**ВИКОНАННЯ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ
У МАСШТАБАХ 1: 5000, 1 : 2000, 1: 1000 та 1: 500**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

Укладач:

Хайнус Дмитро Дмитрович

Сєдов Аркадій Олександрович

Могильний Сергій Георгійович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,8.

Наклад ___ пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44