

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра геодезії та картографії

05-04-121М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

«Обмірна та геодезична практика»

Частина 1 «Геодезична практика»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Архітектура та
містобудування» спеціальності 191 «Архітектура та
містобудування» денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 2 від 04 жовтня 2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки «Обмірна та геодезична практика» Частина 1 «Геодезична практика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Архітектура та містобудування» спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» денної форми навчання [Електронне видання] / Панчук Ю. М., Янчук О. Є. – Рівне : НУВГП, 2022. – 84 с.

Укладачі:

Панчук Ю. М., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії;

Янчук О. Є., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М., к.т.н. доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії.

Керівник групи забезпечення спеціальності

Потапчук І. В.

© Ю. М. Панчук,
О. Є. Янчук, 2022
© НУВГП, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	6
1.1. Мета та завдання практики.....	6
1.2. Організація та зміст геодезичної практики.....	6
1.3. Обов'язки бригадирів і студентів на практиці.....	9
1.4. Поводження з геодезичними приладами.....	10
1.5. Ведення польової документації	11
2. ПЕРЕВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ	13
2.1. Перевірки і юстирування теодоліта 2Т30	13
2.2. Перевірки і юстирування нівеліра	19
2.3. Рейки.....	23
2.4. Компарування рулетки.....	23
3. ТАХЕОМЕТРИЧНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ЧЕРВОНОЇ ЛІНІЇ ЗАБУДОВИ ТА СПОРУДИ.....	25
3.1. Польові роботи при виконанні тахеометричного знімання ділянки місцевості	25
3.1.1. Рекогностування місцевості, вибір та закріплення точок знімального обґрунтування	25
3.1.2. Лінійні вимірювання.	27
3.1.3. Кутові вимірювання	32
3.1.4. Вимірювання дирекційного кута (магнітного азимуту) вихідного напрямку.....	36
3.1.5. Нівелювання точок теодолітного ходу.....	37
3.1.6. Тахеометричне знімання ситуації та рельєфу місцевості..	41
3.1.7. Визначення висот елементів фасаду.....	47
3.2. Камеральна обробка результатів тахеометричного знімання	49
3.2.1. Обчислення координат вершин теодолітного ходу	50
3.2.2. Камеральне обчислення журналу технічного нівелювання	57
3.2.3. Камеральне опрацювання матеріалів тахеометричного знімання.....	61
3.2.4. Побудова плану тахеометричного знімання.....	63
3.2.5. Проектування на основі складеного топографічного плану червоної лінії забудови і будівлі	67

4. ЗВІТ З ПРАКТИКИ	72
4.1. Пояснювальна записка	72
4.2. Графічне оформлення матеріалів практики	72
4.3. Перелік документів звіту з практики:.....	73
ДОДАТКИ.....	75
Додаток 1. Основні вимоги до техніки безпеки і охорони праці в умовах геодезичної практики.....	75
Додаток 2. Зразок абрису тахеометричного знімання	77
Додаток 3. Зразок оформлення топографічного плану	78
Додаток 4. Нанесення точки на план за прямокутними координатами.....	79
Додаток 5. Зразок оформлення титульного аркушу.....	81
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ З ПРАКТИКИ.....	82
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	84

ПЕРЕДМОВА

Програмою обмірної та геодезичної практики передбачений перелік геодезичних робіт, які студент повинен вперше виконати в польових умовах.

Студенти 1-го курсу, які вивчили у першому семестрі такі розділи дисципліни “Основи геодезії”: вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, нівелірні роботи, теодолітне і тахеометричне знімання, на навчальній практиці повинні закріпити теоретичні знання, отримані в аудиторії, і вивчити технологію наземних знімань для самостійного їх виконання.

Методичні вказівки з геодезичної частини практики містять загальні положення з проходження практики: мету, завдання, організацію та зміст, загальну програму. Наведено обов’язки бригадира та студентів, основні вимоги до поведіння з геодезичними приладами, до ведення польової документації. Викладені розділи з перевірок і юстирувань геодезичних приладів, тахеометричного знімання місцевості, камеральної обробки матеріалів польових вимірювань, складання топографічного плану місцевості і проектування червоної лінії забудови та будівлі. Наведено розділи з геодезичних розмічувальних робіт, вимоги до оформлення звіту з практики, додатки, перелік питань до захисту, список літератури, необхідної при використанні для самостійного виконання робіт з практики навчальної дисципліни.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Мета та завдання практики

Геодезична частина практики є складовою навчального процесу, яка завершує етап вивчення курсу «Основ геодезії», проводиться після повного засвоєння теорії предмета і виконання всіх передбачених програмою лабораторних робіт.

В результаті геодезичної практики студенти повинні навчитись самостійно виконувати основні елементи геодезичних робіт на всіх етапах архітектурно-будівельного виробництва: при вишукуванні, будівництві та експлуатації інженерних споруд.

Мета практики:

- закріпити, розширити та поглибити знання, отримані під час вивчення курсу «Основи геодезії»;
- набути практичних навичок у виконанні простих вимірювань на місцевості за допомогою теодоліта, нівеліра, мірної стрічки;
- засвоїти технологію виконання топографічних знімків з врахуванням польових та камеральних робіт;
- навчити практичному використанню геодезичної продукції при проектуванні інженерних споруд і підготовці даних для розмічування;
- набути основних практичних прийомів винесення в натуру окремих точок, довжин ліній та напрямків, а також методики рішення нескладних інженерно-геодезичних задач на місцевості.

1.2. Організація та зміст геодезичної практики

За освітньо-професійною програмою спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» на геодезичну частину практики відводиться 1,5 кредити (45 годин).

Основною робочою одиницею, що виконує програму практики, є бригада, яка складається із 4-5 чоловік, бригаду очолює бригадир, обраний бригадою з кращих студентів. Навчальне та методичне керівництво роботою бригади на практиці здійснює керівник практики (викладач кафедри), а загальне керівництво практикою виконує завідувач кафедри.

На період проходження практики кожна бригада отримує на складі кафедри комплект необхідних приладів та несе повну відповідальність за їх збереження. Програмою геодезичної практики передбачено виконання бригадою таких видів робіт:

- тахеометричне знімання ділянки місцевості площею до 2 га із нескладною ситуацією в масштабі 1:500 та проектування на її основі планового положення червоної лінії забудови і будівлі;

- геодезична підготовка проекту розміщення червоної лінії забудови і будівлі;

Загальна програма практики та розподіл часу (в годинах) на виконання окремих видів робіт наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Загальна програма практики

№ з/п	Види робіт	Обсяг робіт	Робочий час				Перелік матеріалів, що входять до звіту
			польовий		камеральний		
			год.	дні	год.	дні	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Вивчення правил з техніки безпеки							
1.	Вивчення правил з техніки безпеки при виконанні геодезичних робіт	Перевірка знань з техніки безпеки кожного студента			2 год	0.3	Заповнення кафедральних журналів із техніки безпеки, інструктаж на робочому місці
2. Тахеометричне знімання ділянки місцевості							
1.	Отримання, огляд, перевірки інструментів, компарування мірної стрічки	Огляд, перевірки виконує кожний студент бригади	2 год	0.3			Записи результатів перевірок і компарування в матеріалах звіту
2.	Рекогностування і закріплення точок ділянки (теодолітний хід)	Площа кожної ділянки до 2 га (теодолітний хід – 4 точки)	1 год	0.2			Схема планової знімальної мережі
3.	Вимірювання кутів, довжин ліній і технічне нівелювання вершин ходу	Довжини всіх сторін теодолітного ходу 0,4-0,6 км	3 год	0.5			Журнали вимірювань кутів, довжин ліній і технічного нівелювання

1	2	3	4	5	6	7	8
4.	Тахеометричне знімання ситуації і рельєфу місцевості	Застосувати різні методи знімань рельєфу місцевості.	6 год	1			Журнал тахеометричного знімання, абриси
5.	Обчислення координат точок теодолітного ходу. Опрацювання журналу тахеометричного знімання	Кожна бригада обчислює свій полігон			2 год	0.3	Схематичні креслення полігону, відомість координат точок теодолітного ходу
6.	Складання плану	Топографічний план в масштабі 1:500 із висотою перерізу рельєфа 0,5 м			6 год	1.0	Топографічний план в масштабі 1:500 з висотою перерізу рельєфа 0,5 м
7.	Визначення висоти елементів фасаду	Висота елементів фасаду І споруди	1 год	0.2	1 год	0.2	Кути, схеми, розрахунки
4. Оформлення технічного звіту. Залік із практики							
1.	За кожним видом виконаних робіт складається технічний звіт із матеріалів польових вимірювань і камеральної обробки	На бригаду технічний звіт, зшитий і вкладений в папку			6 год	1.0	Матеріали технічного звіту, щоденник робіт, розписка про здачу приладів
2.	Опитування студентів з виконаних польових і камеральних робіт під час практики(перелік питань приводиться)	Кожний студент відповідає на запитання і отримує залік з практики					

Перед початком роботи керівник практики інструктує студентів про правила охорони праці і техніки безпеки (додаток 1), кожний студент розписується в журналі з техніки безпеки. Студенти, які своєчасно не розпочали проходження практики, відсторонюються від подальшого проходження практики і виконують її в інший час. Керівник практики перевіряє і виконує приймання окремих видів робіт в процесі їх виконання. Робота чи її частина, виконана з відхиленнями від даних вказівок, діючих інструкцій та допусків або з порушеннями технології має перероблятися. Всі матеріали практики оформлюються у вигляді виконаного бригадою технічного звіту.

1.3. Обов'язки бригадирів і студентів на практиці

Студент, який очолив бригаду на геодезичній практиці, зобов'язаний:

- бути першим помічником керівника практики і показувати членам бригади приклад зріцевої роботи та дисципліни;

- організовувати отримання і зберігання приладів, літератури та іншого обладнання необхідного для практики і слідкувати за бережливим їх використанням;

- розподіляти обов'язки між членами бригади таким чином, щоб кожний студент приймав безпосередню участь у всіх видах польових та камеральних робіт і організовувати роботу так, щоб забезпечити її вчасне виконання;

- вести табель обліку присутності на роботі всіх членів бригади і слідкувати за підтриманням в бригаді трудової дисципліни під час роботи, відпочинку та інших місцях перебування бригади;

- слідкувати за чітким веденням всієї документації, при виконанні робіт не припускати відхилень від даних вказівок;

- негайно повідомляти керівника практики про події, що трапились у бригаді (нещасні випадки, травмування, зникнення чи псування приладів та ін.);

- забезпечити вчасне здавання в справному стані всіх отриманих інструментів, літератури та іншого майна.

Кожний студент, що проходить геодезичну практику, зобов'язаний:

- до початку проведення польових робіт ознайомитись з даними вказівками і повторити теоретичний матеріал, необхідний для виконання програми практики;

- чітко дотримуватись прийнятого в бригаді розпорядку дня, не відлучатись з занять без дозволу керівника практики, активно приймати участь у всіх видах польових та камеральних робіт;

- нести відповідальність не лише за доручену частину роботи, а також за стан справ всієї бригади в цілому, активно сприяти укріпленню дисципліни і виконувати всі розпорядження керівника практики та вказівки бригадира;

- під час роботи дотримуватись правил поведінки з геодезичними приладами, правил охорони праці та техніки безпеки;

- під час виконання польових робіт піклуватись про охорону навколишнього середовища (не забруднювати ділянки проведення робіт, водоймів, не розводити багаття, не пошкоджувати насаджень та ін.);

- під час виконання будь-якого виду робіт, показувати приклади роботи та дисципліни, студенти, котрі порушують дисципліну, від проходження практики відсторонюються.

1.4. Поводження з геодезичними приладами

Перед тим, як обертати будь яку частину інструменту, необхідно звільнити закріпний гвинт і, ні в якому разі, не прикладати для обертання великих зусиль. Закріпні гвинти окремих деталей (аліади, лімба, труби та ін.) потрібно затягнути так, щоб не зірвати різьби. Вкладання інструменту в футляр чи ящик потрібно виконувати без прикладання надмірних зусиль. Спочатку слід вивчити розміщення частин приладу у відповідних гніздах та способи закріплення цих частин закріпними гвинтами. При вкладанні теодоліта у футляр, потрібно попередньо сумістити всі червоні мітки (точки), які були нанесені на приладі та футлярі. Під час виконання польових робіт теодоліт і нівелір потрібно завжди встановлювати з боку від проїжджої частини дороги (вулиці), при цьому ніжки штатива слід розсунути на велику ширину і достатньо вдавити їх в ґрунт, становий гвинт, що закріплює прилад на штативі, затягнути таким зусиллям, щоб забезпечувалось вільне обертання піднімальних гвинтів. Не слід допускати до інструменту сторонніх

осіб, забороняється залишати прилади та інше майно бригади без нагляду, під час обідньої перерви чи відпочинку прилад потрібно знімати із штатива та вкладати у футляр. При переміщенні від однієї станції до іншої, дозволяється не знімати прилад із штативу, але при цьому слід скласти ніжки штатива і переносити його на плечі у вертикальному положенні, попередньо закріпивши всі закріпні гвинти. Забороняється залишати прилад у незакріпленому положенні на головці штатива, притуляти штатив з приладом до стіни, потрібно берегти інструмент від ударів та падіння. Щоб уникнути пошкоджень оптичних лінз, заборонено працювати під час дощу, не дозволяється торкатись пальцями лінз приладів. Потрібно обережати інструмент від попадання пилу та бруду, виконувати протирання приладів м'якою ганчіркою або щіточкою і лише після цього вкладати прилад у футляр. Під час роботи з мірною стрічкою (рулеткою) не можна допускати утворення петель (вісімок), потрібно слідкувати за тим, щоб мірна стрічка не потрапила під колеса транспорту. Після роботи стрічку слід ретельно протерти і, в сухому стані, намотати на кільце, при здаванні на склад стрічку змащують мастилом. При користуванні вішками чи рейками, не слід їх кидати на землю, забруднювати та використовувати не за призначенням. В разі псування або зникнення майна бригада відшкодовує університету нанесену матеріальну шкоду.

1.5. Ведення польової документації

Під час виконання робіт на геодезичній практиці кожна бригада веде щоденник роботи бригади, журнали кутових і лінійних вимірювань, журнали нівелювання, абриса та інші польові документи. Отримані в польових умовах матеріали є первинною геодезичною документацією, яка має характер юридичних записів, тому їх потрібно вести уважно і охайно. Щоденник бригади є найважливішим із польових документів, він характеризує роботу як всієї бригади, так і кожного її члена окремо. В щоденник коротко записують відомості про вид, час і обсяги виконаних робіт, дані метеорологічних умов виконання вимірювань, дольову участь кожного члена бригади у виконаних видах робіт. У польові журнали записують дані, вказані на титульній сторінці журналу, всі результати вимірювань та викреслюють необхідні схеми (абриса).

Записи, при польових вимірюваннях, виконують чисто і охайно, будь які чорновик результату вимірювань вести заборонено. Не дозволяється підчищувати, виправляти, підклеювати раніше зроблені записи. Викреслюючи абрис, виконують чіткий та якісний малюнок, записують відповідні числові дані чи іншу інформацію. Всі записи в польових журналах, складання абрису виконують олівцем, який підбирають за твердістю в залежності від погоди, так, щоб олівець не дряпав папір і добре писав, у спекотні та сухі дні використовують олівець середньої твердості, в холодні та вологі дні – м'якої твердості.

2. ПЕРЕВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

2.1. Перевірки і юстирування теодоліта 2ТЗ0

Після отримання приладів кожна бригада виконує огляд і перевірки приладів. Результати записують у матеріали звіту. В результаті зовнішнього огляду перевіряється комплектність приладів, відсутність зовнішніх дефектів (подряпин, увігнутостей тощо), працездатність всіх його частин (справність закріпних та навідних гвинтів, плавність обертання приладу і т.д.).

Перевірки приладів – це операції, спрямовані на встановлення правильності взаємного розміщення осей інструмента.

Перевірки приладів слід оформлювати в такому порядку:

- 1) назва перевірки;
- 2) геометрична умова, що перевіряється;
- 3) виконання перевірки;
- 4) виправлення (юстирування) приладу.

Для теодоліта мають виконуватись деякі геометричні умови, основою яких є осі теодоліта (рис. 2.1):

1. вертикальна вісь обертання теодоліта ZZ_1 ;
2. горизонтальна вісь обертання зорової труби HH_1 ;
3. візирна вісь зорової труби VV_1 ;
4. вісь циліндричного рівня UU_1 .

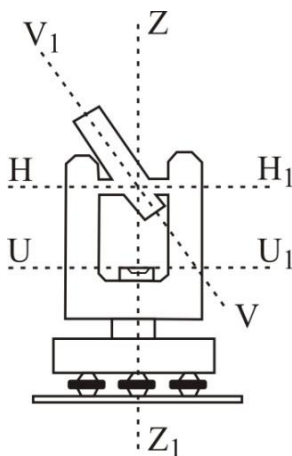


Рис. 2.1. Осі теодоліта

Перевірка рівня алідади горизонтального круга. «Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга UU_1 повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта ZZ_1 ». Приводять теодоліт в робоче положення. Після цього розташовують циліндричний рівень за напрямком двох піднімальних гвинтів (рис. 2.2, 1 положення). Оскільки теодоліт приведений в робоче положення, то бульбашка рівня має знаходитись на середині. Далі повертають алідадну частину теодоліта на 180° (рис. 2.2, 2 положення). Якщо при цьому бульбашка рівня зійшла з середини, то на половину відхилення бульбашку рівня повертають виправними гвинтами, а другу половину – піднімальними. Перевірку повторюють, добиваючись, щоб після повороту алідади на 180° і при довільному її встановленні бульбашка залишалась на середині або відхилялась не більше ніж на одну поділку.

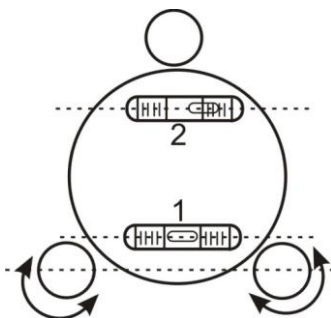


Рис. 2.2. Перевірка циліндричного рівня

Перевірка сітки ниток. «Вертикальна нитка сітки зорової труби, при прямовисному положенні вертикальної осі теодоліта ZZ_1 , повинна бути вертикальною». Приводять вертикальну вісь у прямовисне положення, зорову трубу наводять на нитку виска, підвешеного на відстані близько 20 метрів від прилада (рис. 2.3, б). Якщо нитка виска утворює з вертикальною ниткою сітки кут (рис. 2.3, а), сітку ниток потрібно розвернути. Для цього знімають захисний ковпачок, що закриває гвинти сітки, відпускають гвинти, які скріплюють окуляр з корпусом труби, і в межах люфта, повертають окуляр разом з сіткою так, щоб вертикальна нитка сітки співпала з ниткою виска. Цю перевірку можна виконати другим способом. Наводять трубу на деяку точку і навідним гвинтом горизонтального круга переміщують цю точку за горизонтальною

ниткою сітки. Якщо точка не сходиться з нитки, сітка встановлена правильно. В протилежному випадку вказаним способом виконують юстирування.

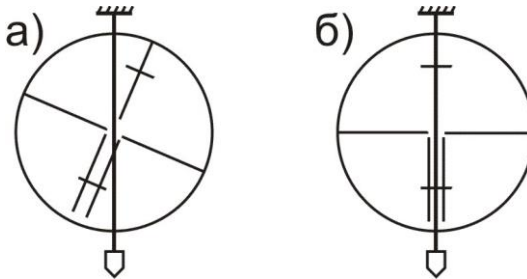


Рис. 2.3. Перевірка сітки ниток:

а) перевірка не виконується; б) перевірка виконується

Визначення колімаційної похибки. «Візорна вісь зорової труби VV_1 повинна бути перпендикулярною до осі обертання труби HH_1 ». Приводять теодоліт у робоче положення, наводять трубу, наприклад при крузі праворуч, на добре видиму віддалену точку і знімають відлік з горизонтального круга $KП$. Переводять прилад в положення круг ліворуч, знову візують на ту саму точку і знімають відлік KL . У теодоліта 2Т30, для виключення ексцентриситету аліади, необхідно повернути лімба приблизно на 180° . Це можна виконати або за допомогою затискного гвинта лімба, або станового гвинта. У другому випадку відпускають станований гвинт, повертають прилад приблизно на 180° , закріплюють його, знову приводять в робоче положення і при такому розташуванні лімба повторюють візування на вибрану точку. За отриманими відліками розраховують значення колімаційної похибки c за формулою:

$$c = \frac{(KL_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (KL_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}. \quad (2.1)$$

Якщо $c \leq 1'$, то умова виконана. В протилежному випадку знаходять правильний відлік KL_0 ($КП_0$), який відповідає перпендикулярному положенню осі обертання труби і осі візування за однією з формул:

$$\begin{aligned} KL_0 &= KL_2 - c; \\ КП_0 &= КП_2 + c. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Навідним гвинтом алідади горизонтального круга встановлюють в мікроскопі розраховане значення правильного відліка KL_0 ($KП_0$). При цьому сітка зміститься зі спостережуваної точки ліворуч чи праворуч на величину кута c (рис. 2.4). Далі знімають захисний ковпачок, який закриває юстирувальні гвинти сітки ниток, послаблюють верхній виправний гвинт, і бічними виправними гвинтами (по черзі – спочатку один відкручують, а потім другий закручують за допомогою шпильки) переміщують сітку до суміщення її центра з зображенням точки. Для контролю перевірку повторюють. Після виправлення цієї перевірки необхідно повторити перевірку сітки ниток, щоб переконатись у тому, що не відбулося повороту сітки.

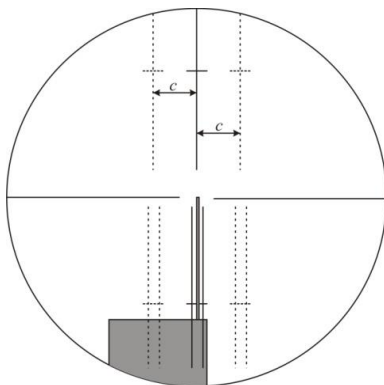


Рис. 2.4. Виправлення колімаційної похибки

Приклад визначення колімаційної похибки c і правильного відліку KL_0 :

Виміряно: $KL_1 = 0^\circ 28.5'$; $KП_1 = 180^\circ 31.5'$;

$KL_2 = 182^\circ 48.0'$; $KП_2 = 2^\circ 51.0'$.

Обчислюємо величину колімаційної похибки за формулою (2.1):

$$c = \frac{(KK_1 - KП_1 \pm 180^\circ) + (KK_2 - KП_2 \pm 180^\circ)}{4} \leq \pm 1';$$

$$c = \frac{(0^\circ 28.5' - 180^\circ 31.5' + 180^\circ) + (182^\circ 48.0' - 2^\circ 51.0' - 180^\circ)}{4} =$$

$$= \frac{(-0^\circ 03.0') + (-0^\circ 03.0')}{4} = -0^\circ 01.5'.$$

Оскільки $-0^{\circ}02' \geq 1'$, то умова перевірки не виконується. Обчислюємо відлік для виправлення, при положенні вертикального круга KL за формулою (2.2):

$$KL_0 = KL_2 - c = 182^{\circ}47.0' - (-0^{\circ}01.5') = 182^{\circ}48.5'.$$

Перевірка взаємної перпендикулярності горизонтальної та вертикальної осей. «Вісь обертання зорової труби NN_1 повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта ZZ_1 ». Теодоліт приводять у робоче положення і наводять трубу на високу точку (наприклад, на даху будинку) так, щоб надати трубі нахил 40° - 50° . Опускають трубу приблизно до горизонтального положення і відмічають на стіні точку m_1 (рис. 2.5), в яку проектується перехрестя сітки ниток. Далі переводять трубу через зеніт, повертають на 180° , знову візують на ту саму точку, опускають трубу до горизонтального положення та одержують другу проекцію – m_2 (рис. 2.5). Якщо центр сітки ниток співпав з раніше відміченою на стіні точкою в межах сітки ниток, умова виконана. В протилежному випадку потрібне юстирування приладу, яке може бути виконане лише в ремонтній майстерні.

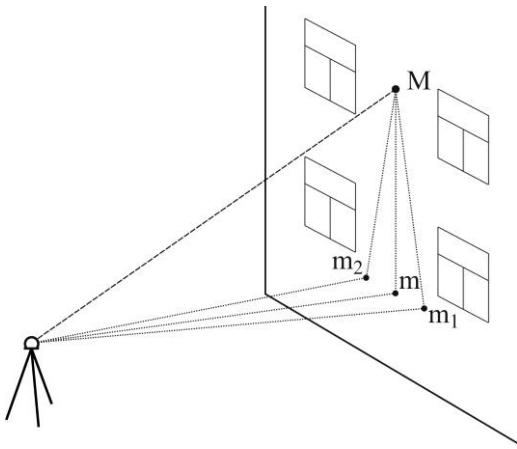


Рис. 2.5. Перевірка перпендикулярності осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта

Перевірка місця нуля MO вертикального круга. «Місце нуля вертикального круга повинно бути рівним або близьким до нуля». Місце нуля MO – це відлік за вертикальним кругом, коли візирна вісь

зорової труби горизонтальна, а бульбашка циліндричного рівня вертикального круга знаходиться на середині (тобто, візирна вісь зорової труби і вісь циліндричного рівня при ВК горизонтальні). Для визначення MO перехрестя сітки ниток труби наводять при двох положеннях інструмента на одну і ту саму точку, при цьому знімають відліки з вертикального круга KL і $KП$. Значення місця нуля MO і кута нахилу обчислюють за формулами (для теодоліта 2Т30):

$$MO = \frac{KL + KП}{2}; \quad (2.3)$$

$$\nu = KL - MO = MO - KП = \frac{KL - KП}{2}. \quad (2.4)$$

Вважають, що місце нуля не повинно перевищувати подвійної точності відлікового пристрою (при незначних значеннях MO його враховують в обчисленнях вертикальних кутів). У протилежному випадку виконують юстирування теодоліта, тобто приводять місце нуля до відліка, рівного нулю. Для цього навідним гвинтом зорової труби встановлюють відлік, рівний куту нахилу ν на візирну точку. Сітка ниток при цьому зійде з точки наведення вверх чи вниз (рис. 2.6), далі знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби, послабивши шпилькою горизонтальні виправні гвинти, вертикальними виправними гвинтами сітки ниток наводять її на спостережувану точку при відліку ν .

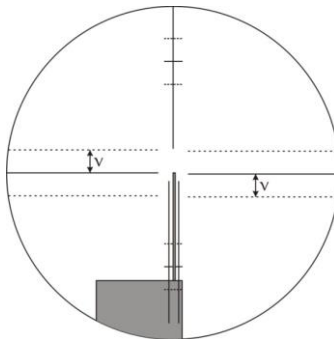


Рис. 2.6. Виправлення місця нуля

Приклад визначення місця нуля MO і вертикального кута ν :

Виміряно: $KL = 2^\circ 25.0'$; $KП = -2^\circ 27.0'$.

Місце нуля визначається за формулою (2.3):

$$MO = \frac{KL + KP}{2} = \frac{2^{\circ}25.0' + (-2^{\circ}27.0')}{2} = -0^{\circ}01.0'.$$

Вертикальний кут обчислюється за однією з формул (2.4):

$$\nu = KL - MO = 2^{\circ}25.0' - (-0^{\circ}01.0') = +2^{\circ}26.0';$$

$$MO - KP = -0^{\circ}01.0' - (-2^{\circ}27.0') = +2^{\circ}26.0';$$

$$\frac{KL - KP}{2} = \frac{2^{\circ}25.0' - (-2^{\circ}27.0')}{2} = +2^{\circ}26.0'.$$

2.2. Перевірки і юстирування нівеліра

Осі нівеліра з циліндричним рівнем наведено на рис. 2.7:

1. вісь обертання нівеліра ZZ_1 ;
2. візирна вісь зорової труби VV_1 ;
3. вертикальна вісь круглого рівня KK_1 ;
4. вісь циліндричного рівня UU_1 .

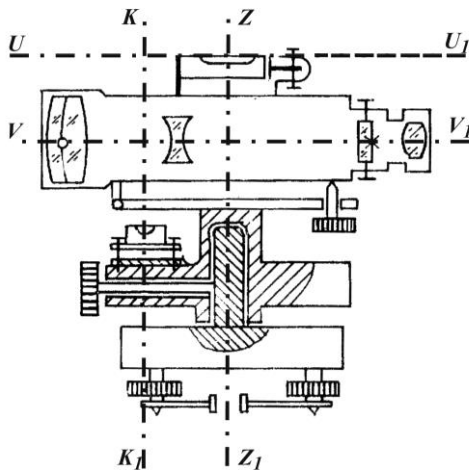


Рис. 2.7. Осі нівеліра з циліндричним рівнем

Перевірка круглого (сферичного) рівня. «Вісь круглого рівня KK_1 повинна бути паралельною осі обертання нівеліра ZZ_1 ». За допомогою трьох піднімальних гвинтів бульбашку круглого рівня приводять в нуль-пункт і повертають нівелір на 180° (рис. 2.8). Якщо бульбашка залишилась на середині, то умова виконана, а якщо бульбашка виходить за межу круга рівня, то виконують виправлення.

На половину дуги відхилення бульбашку повертають до нуля-пункта виправними гвинтами рівня. Після виправлення перевірку повторюють знову.

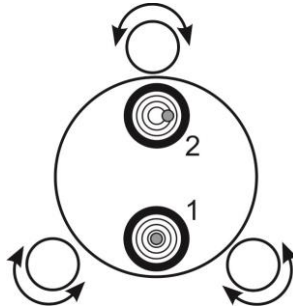


Рис. 2.8. Перевірка круглого рівня

Перевірка сітки ниток. «Горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання нівеліра ZZ_1 ». Приводять нівелір в робоче положення і на відстані близько 20 м підвішують нитковий висок. Наводять зорову трубу на нитку виска. Якщо вертикальна нитка сітки співпадає з ниткою виска, то умова виконана (рис. 2.9, б). Якщо вертикальна нитка сітки не співпадає з ниткою виска (рис. 2.9, а), то виконують виправлення. Викруткою відкручують ковпачок в окулярній частині зорової труби і послаблюють виправні гвинти діафрагми. Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпала з лінією виска. Не закріплюючи гвинтів діафрагми, приставляють окуляр і остаточно перевіряють положення сітки ниток. Якщо сітки співпадають, закріплюють гвинти діафрагми, прикручують окуляр, та повторюють перевірку.

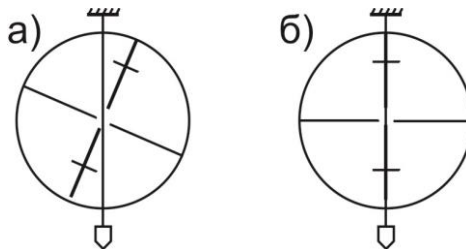


Рис. 2.9. Перевірка сітки ниток:

а) перевірка не виконується; б) перевірка виконується

Перевірка головної умови нівеліра. «Вісь циліндричного рівня UU_1 повинна бути паралельною до візирної осі зорової труби VV_1 ». Перевірка виконується подвійним нівелюванням: з середини та вперед. На місцевості закріплюють дві точки А та В на відстані одна від одної приблизно 70-80 м (рис. 2.10, а). Нівелір встановлюють строго посередині між точкам А і В та знімають відліки з чорних боків рейок встановлених на цих точках – $a_1^{чор}$ і $b_1^{чор}$ за середнім штрихом сітки ниток. Після цього рейки на точках повертають навколо своєї осі та знімають відліки за червоними боками рейок – $a_1^{чер}$ і $b_1^{чер}$. За знятими відліками обчислюють *перевищення* за чорним та червоним боками: від *відліку за задньою рейкою віднімають відлік за передньою рейкою*, тобто:

$$\begin{aligned} h_1^{чор} &= a_1^{чор} - b_1^{чор}; \\ h_1^{чер} &= a_1^{чер} - b_1^{чер}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

За остаточне значення перевищення h_1 беруть середнє з обчислених перевищень за чорним та червоним боками рейки.

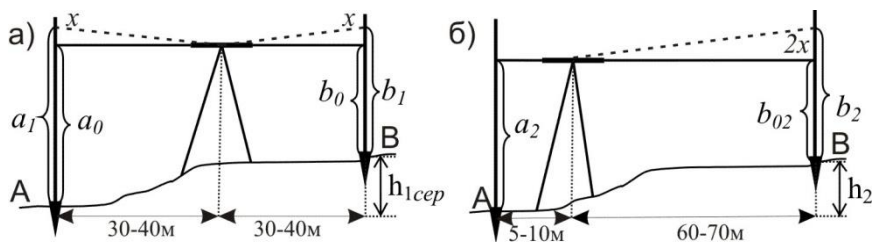


Рис. 2.10. Перевірка головної умови нівеліра:

а) нівелювання при рівності плеч; б) нівелювання при нерівності плеч

Після цього нівелір переносять та встановлюють ближче до задньої рейки так, щоб відстань до неї була приблизно 5...10 м (рис. 2.10, б). Знімають відліки на задній і передній рейках за чорним – $a_2^{чор}$ та $b_2^{чор}$ та червоним – $a_2^{чер}$ та $b_2^{чер}$ боками. Після чого обчислюють *перевищення* за чорним та червоним боками:

$$\begin{aligned} h_2^{чор} &= a_2^{чор} - b_2^{чор}; \\ h_2^{чер} &= a_2^{чер} - b_2^{чер}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

За остаточне значення перевищення h_2 беруть середнє з обчислених перевищень за чорним та червоним боками.

Перевищення h_1 визначене за нівелюванням з середини буде правильним, оскільки в такому випадку компенсується похибка за непаралельність осі циліндричного рівня до візирної осі. Тому обчислюють похибку за формулою:

$$x = h_2 - h_1. \quad (2.7)$$

Якщо $|x| \leq 4$ мм, то умова перевірки виконана, якщо $|x| > 4$ мм, то виконують виправлення. Безпомилковий відлік $b_0^{чop}$ обчислюють за формулою:

$$b_0^{чop} = a_2^{чop} - h_1. \quad (2.8)$$

За допомогою елеваційного гвинта середню нитку сітки встановлюють на обчислений відлік $b_0^{чop}$. В цьому випадку бульбашка циліндричного рівня зійде з нуля-пункту. Повертають виправні гвинти циліндричного рівня так, щоб бульбашка знову стала в нуля-пункт. Після виправлення перевірку повторюють.

Приклад виконання перевірки головної умови нівеліра:

Виміряно: відліки при нівелюванні із середини:

$$a_1^{чop} = 1634; b_1^{чop} = 1272;$$

$$a_1^{чep} = 6333; b_1^{чep} = 5970.$$

Перевищення при нівелюванні із середини:

$$h_1^{чop} = a_1^{чop} - b_1^{чop} = 1634 - 1272 = +362 \text{ мм};$$

$$h_1^{чep} = a_1^{чep} - b_1^{чep} = 6333 - 5970 = +363 \text{ мм};$$

$$h_1^{чep} = (361+363)/2 = +362 \text{ мм}.$$

Виміряно: відліки при нівелюванні вперед:

$$a_2^{чop} = 1428; b_2^{чop} = 1081;$$

$$a_2^{чep} = 6128; b_2^{чep} = 5781.$$

Перевищення при нівелюванні вперед:

$$h_2^{чop} = a_2^{чop} - b_2^{чop} = 1428 - 1081 = +347 \text{ мм};$$

$$h_2^{чep} = a_2^{чep} - b_2^{чep} = 6128 - 5781 = +347 \text{ мм};$$

$$h_2^{чep} = (347+347)/2 = +347 \text{ мм};$$

$$|h_1^{чep} - h_2^{чep}| = |362 - 347| = 15 \text{ мм} > 4 \text{ мм}.$$

Умова не виконується.

Правильний відлік:

$$b_{02}^{чop} = a_2^{чop} - h_1^{чep} = 1428 - 362 = 1066.$$

Контроль правильного відліку:

$$b_{02}^{чор} = b_2^{чор} - 2x = b_2^{чор} - (h_1^{cep} - h_2^{cep}) = 1081 - (362 - 347) = 1081 - 15 = 1066.$$

2.3. Рейки

До кожного нівеліра підбирають комплект із двох однотипних рейок. При огляді рейок перевіряють відсутність прогинів, чіткість нанесення поділок, підписів, закованість п'ятки та ін. Відліки, зняті за чорними боками двох рейок на одній і тій самій точці, не повинні відрізнятись більш ніж на 2 мм. Різниця відліків, знятих за червоним та чорним боками для кожної рейки, є постійною величиною (п'ятка рейки), та повинна бути однаковою для комплекту рейок.

2.4. Компарування рулетки

При огляді рулетки виконують її розгортання та перевіряють чи є розриви, злами.

Перед вимірюванням довжин ліній мірну рулетку слід прокомпарувати, тобто визначити її фактичну довжину. Для цього довжину робочої міри порівнюють з точно визначеною довжиною номінальної міри. Компарування, як правило, виконують на спеціальному приладі – компараторі. Найпростішим компаратором для перевірки рулетки є дві мітки, закріплені на поверхні твердого покриття, на відстані рівній довжині номінальної стрічки. Відстань між нульовими штрихами міток, виміряна номінальною мірою з високою точністю є довжиною компаратора. При компаруванні робочу міру вкладають на компаратор, створюють її натяг і вимірюють відстань між кінцевим штрихом компаратора і рулетки лінійкою з міліметровими поділками. Якщо довжина робочої рулетки більша її номінальної довжини (наприклад, 20 м) на Δl_k , для поправки за компарування приймають знак „+” і результати вимірювання ліній цієї рулеткою потрібно збільшити на величину $n\Delta l_k$, де n – число вкладань рулетки у вимірювану лінію. У протилежному випадку, коли довжина робочої рулетки є меншою від номінальної, для поправки приймають знак „-” і результати вимірювань зменшують на $n\Delta l_k$.

Приклад визначення поправки за компарування мірної рулетки:

Визначити поправку за компарування та фактичну довжину робочої мірної рулетки, якщо довжина компаратора $D_k = 20$ м, вимірювання робочою рулеткою в прямому напрямі дало 20.04 м, а у зворотному напрямі – 20.06 м.

Таблиця 2.1

Результати компарування мірної рулетки

№№ вимірювань	Номінальна довжина мірної рулетки l_0 , м	Число вкладень мірної рулетки на компараторі	Залишок r , м	Довжина компаратора виміряна робочою мірною рулеткою D_p , м	Номінальна довжина компаратора D_k , м	Поправка за компарування Δl_k , м	Фактична довжина робочої мірної рулетки l , м
1 (пряме)	20.00	1	+0.04	20.04	20.00		
2 (зворотне)		1	+0.06	20.06			
середнє	D_p^{cep}			20.05		-0.05	19.95

Довжина компаратора отримана із двократних вимірювань робочою мірною стрічкою становить

$$D_p^{cep} = (20.04 \text{ м} + 20.06 \text{ м}) / 2 = 20.05 \text{ м}.$$

Поправка за компарування рівна

$$\Delta l_k = \frac{D_k - D_p^{cep}}{n} = (20.00 \text{ м} - 20.05 \text{ м}) = -0.05 \text{ м}.$$

Фактична довжина мірної рулетки становить

$$l = l_0 + \Delta l_k = 20.00 \text{ м} - 0.05 \text{ м} = 19.95 \text{ м}.$$

3. ТАХЕОМЕТРИЧНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ЧЕРВОНОЇ ЛІНІЇ ЗАБУДОВИ ТА СПОРУДИ

Для виконання тахеометричного знімання кожна бригада забезпечується теодолітом, нівеліром, мірною стрічкою з шпильками, рулеткою, вішками, кілочками і журналами польових вимірювань. До робіт із тахеометричного знімання входять:

- рекогностування ділянки знімання (1-2 будинки і прибудинкова територія площею 1,5-2,0 га), закріплення на місцевості точок знімального обґрунтування у вигляді замкненого чи розімкненого теодолітного ходу, прив'язаного до пунктів опорної геодезичної мережі;

- виконання кутових, висотних та лінійних вимірювань в теодолітних ходах;

- виконання тахеометричного знімання ділянки місцевості з кожної станції теодолітного ходу, знімання ситуації всіма способами (кожний студент бригади повинен організувати та виконати вимірювання на одній станції);

- камеральна обробка результатів польових вимірювань: обчислення кутів і довжин теодолітного ходу, визначення висот і координат точок знімального обґрунтування, обчислення журналу тахеометричного знімання та складання топографічного плану ділянки місцевості;

- проектування на побудованому плані положення червоної лінії забудови і будівлі, підготовка (графоаналітичним способом) вихідних даних для їх розмічування.

3.1. Польові роботи при виконанні тахеометричного знімання ділянки місцевості

3.1.1. Рекогностування місцевості, вибір та закріплення точок знімального обґрунтування

Перед початком знімання виконують рекогностування (обстеження ділянки) з метою вивчення її особливостей, обрання місця розташування вершин теодолітного ходу, складають схему

прив'язки ходу до опорних геодезичних пунктів, намічають способи знімання ситуації.

Прокладання теодолітного ходу виконують так, щоб його точки рівномірно покривали ділянку знімання і забезпечувались мінімальні витрати праці при зніманні рельєфу, предметів та контурів місцевості. При закріпленні точок теодолітного ходу, потрібно враховувати можливість встановлення на них теодоліта, умови видимості на сусідні точки, а також зручність знімання ситуації. Вибір точок виконують з таким розрахунком, щоб лінії проходили за зручними для вимірювання ділянками місцевості. Довжини ліній повинні знаходитись у межах 20-350 метрів. При встановленні точок знімального обґрунтування, потрібно намагатись, щоб вони були елементами ситуації (перехрестя, кути повороту доріг, контурів, меж угідь і т.д.). Для обмеження похибок вимірювань довжина теодолітного ходу при зніманні в масштабі 1:500 допускається не більшою 0.6 км. Якщо на закритій території знімальне обґрунтування не дозволяє зняти окремі елементи ситуації, для цієї мети можна прокладати висячі теодолітні ходи, що спираються одним кінцем на вибрані точки теодолітного ходу. Довжина висячого ходу не повинна перевищувати 150 метрів. У деяких випадках додаткові точки знімання можуть отримуватись способом кутової засічки.

Точки знімального обґрунтування закріплюють на місцевості дерев'яними кілками; цвяхами, забитими в пеньки дерев, асфальт. Кілки забивають в рівень із землею, біля них встановлюють сторожки, на яких записують номер бригади і порядковий номер точки. Нумерацію точок проставляють за рухом годинникової стрілки. Для полегшення пошуку кілки окопують канавками, а цв'яхи обводять фарбою. Різним бригадам рекомендується виконувати окопування/фарбування у вигляді різних геометричних фігур – трикутника, чотирикутника, кола тощо.

Закріплені точки заносять на схему теодолітного ходу, яку складають у довільному масштабі, орієнтуючи відносно північного напрямку. Після закріплення точок на місцевості виконують лінійні і кутові вимірювання, закінчивши які на схему знімальної мережі наносять виміряні значення горизонтальних кутів та горизонтальні закладання довжин ліній. Використовуючи схему ходу зручно заповнювати „Відомість обчислення координат теодолітного ходу”. Схема теодолітного ходу наведена на рисунку 3.1.

В умовах практики знімання виконують в умовній системі координат і висот. У цьому випадку перша вершина теодолітного ходу є вихідним пунктом, координати і висоту якого призначає керівник практики, а орієнтування плану здійснюється за орієнтир-бусоллю.

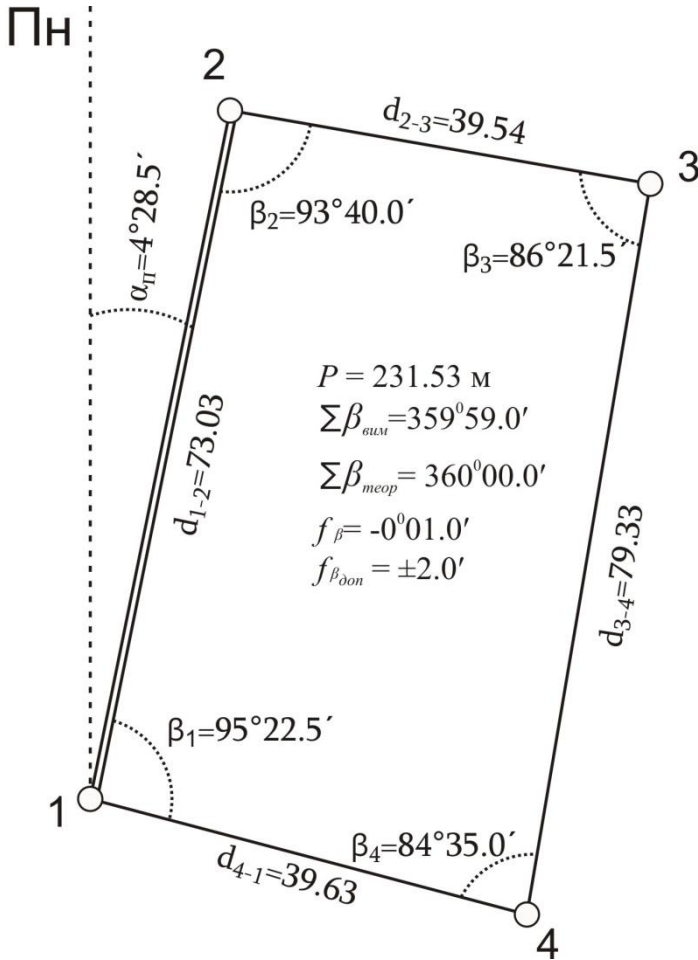


Рис. 3.1. Схема теодолітного ходу

3.1.2. Лінійні вимірювання.

Вимірювання довжин сторін теодолітного ходу виконують сталевими мірними рулетками у прямому та зворотньому напрямках.

Вимірювання довжини лінії полягає у послідовному відкладенні у створі лінії мірної рулетки і в підрахуванні кількості її вкладень

Для контролю лінію вимірюють у зворотньому напрямку. Остаточна довжина лінії визначається як середнє арифметичне з вимірювань у прямому та зворотньому напрямках. Обидва результати записують у польовий журнал з точністю до 0,01 м. Відносна розбіжність між ними допускається не більше ніж 1:2000 (5 см на лінію довжиною 100 м). Відносну похибку при вимірюванні довжини лінії розраховують за формулою:

$$f_{\text{відн}} = \frac{D_{\text{прям}} - D_{\text{зворотн}}}{D_{\text{сеп}}} \leq \frac{1}{2000}, \quad (3.1)$$

де середня довжина лінії рівна:

$$D_{\text{сеп}} = \frac{D_{\text{прям}} + D_{\text{зворотн}}}{2}. \quad (3.2)$$

При вимірюванні довжин ліній необхідно дотримуватись таких вимог:

- 1) Лінія повина бути розчищена і ретельно підготовлена до вимірювання.
- 2) Відхилення переднього закінчення рулетки від створу не повинно бути більшим 12 см.
- 3) При вимірюваннях кутів нахилу ліній, які мають переломи, потрібно їх розбивати на ділянки з однаковим ухилом і визначати нахил лінії та довжину кожної ділянки окремо.

Результати вимірювань записують у журнал встановленої форми (табл 3.1).

Після вимірювання вертикальних кутів (або перевищень) завершують обчислення довжин ліній, приводячи їх до горизонту, з врахуванням поправок:

1. *Поправка за нахил лінії.* Лінія, що вимірюється в натурі, має ухил, який відповідає рельєфу місцевості, тому в результаті вимірювань вводять поправку на нахил лінії до горизонту (рис. 3.2).

Таблиця 3.1

Журнал вимірювання довжин ліній мірною рулеткою

Лінія	Вимірювання, м			Абсолютна похибка $f_{абс}$, м	Відносна похибка $f_{відн}$	Кут нахилу ν (або перевищення h , м)	Поправки, м				Горизонтальне закладання d , м	Примітки
	прямі $D_{прям}$	зворотні $D_{зворот}$	середні $D_{сеп}$				за компарування $\Delta d_{ком}$	за температуру Δd_t	за нахил поверхні Δd_h	загальна ΔD		
1-2	73.23	73.21	73.22	0.02	1:3661							
2-3	39.67	39.67	39.67	0.00	-							
3-4	79.52	79.54	79.53	0.02	1:3976							
4-1	39.75	39.74	39.74	0.01	1:3974							

Вимірював: Іванюк А.В.; Петрук О.Б. Обчислив: Петрук О.Б.

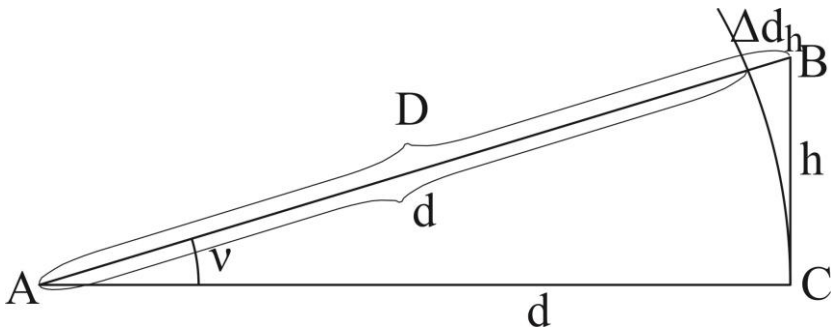


Рис. 3.2. Схема до визначення поправки за нахил лінії до горизонту

Для отримання горизонтальної проєкції d (горизонтального закладання) лінії АВ на місцевості, довжиною D , необхідно знати кут нахилу ν або відстань ВС – перевищення h точки В над точкою А.

Поправку за нахил поверхні можна обчислити за кутом нахилу ν використовуючи формулу:

$$\Delta d_h = -2 D \sin^2(\nu/2). \quad (3.3)$$

Також поправку за нахил поверхні можна обчислити, якщо відоме перевищення h :

$$\Delta d_h = -h^2/(2D). \quad (3.4)$$

2. Поправка за компарування. Якщо вимірювання ліній виконувати невірною рулеткою, то результати необхідно виправити, тобто ввести поправку за компарування:

$$\Delta d_{\text{ком}} = \pm D \frac{\Delta l_k}{l_0}, \quad (3.5)$$

де D – довжина виміряної лінії; Δl_k – різниця довжин робочої та взірцевої рулетки; l_0 – номінальна довжина рулетки.

В остаточному вигляді горизонтальне закладання лінії повинне враховувати поправки за компарування та нахил поверхні (поправка за нахил поверхні завжди від’ємна, або рівна нулеві):

$$d = D + \Delta d_{\text{ком}} + \Delta d_h. \quad (3.6)$$

Поправку за нахил лінії розраховують використовуючи формули (3.3) або (3.4). При кутах нахилу менших $1,5^\circ$, поправку за нахил можна не вводити. При вимірюваннях сталевую стрічкою з точністю до 1:2000 поправку за температуру не враховують. Приклад заповнення журналу вимірювання довжин ліній мірною рулеткою з врахуванням поправок наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Журнал вимірювання довжин ліній мірною рулеткою

Лінія	Вимірювання, м			Абсолютна похибка $f_{\text{абс}}$, м	Відносна похибка $f_{\text{відн}}$	Кут нахилу ν (або перевищення h , м)	Поправки, м				Горизонтальне закладання d , м	Примітки
	прямі $D_{\text{прям}}$	зворотні $D_{\text{зворот}}$	середні $D_{\text{сер}}$				за компарування $\Delta d_{\text{ком}}$	за температуру Δd_t	за нахил поверхні Δd_h	загальна ΔD		
1-2	73.23	73.21	73.22	0.02	1:3661	-1.098	-0.18	-	-0.01	-0.19	73.03	
2-3	39.67	39.67	39.67	0.00	-	+1.599	-0.10	-	-0.03	-0.13	39.54	
3-4	79.52	79.54	79.53	0.02	1:3976	+0.302	-0.20	-	-0.00	-0.20	79.33	
4-1	39.75	39.74	39.74	0.01	1:3974	-0.803	-0.10	-	-0.01	-0.11	39.63	

Вимірював: Берук А.В.; Петренко О.Б. Обчислив: Петренко О.Б.

Приклад розрахунку журналу для лінії 1-2:

1. Середня довжина лінії:

$$D_{\text{сер}} = (D_{\text{прям}} + D_{\text{зворотні}}) / 2 = (73.23 + 73.21) / 2 = 73.22 \text{ м.}$$

2. Абсолютна похибка:

$$f_{абс} = |D_{прям} - D_{зворотн}| = |73.23 - 73.21| = 0.02 \text{ м.}$$

3. Відносна похибка:

$$f_{відн} = \frac{|D_{прям} - D_{зворотн}|}{D_{сеп}} = \frac{f_{абс}}{D_{сеп}} = \frac{|73.23 - 73.21|}{73.22} = \frac{1}{3661}.$$

4. Перевищення виписується із журналу технічного нівелювання.

5. Поправка за компарування (відхилення довжини мірної рулетки від еталону береться з табл. 2.1):

$$\Delta d_{ком} = \Delta l_k \cdot \frac{D_{сеп}}{l_0} = -0.05 \times \frac{73.22}{20.00} = -0.18 \text{ м.}$$

6. Поправка на нахил поверхні:

$$\Delta d_h = -\frac{h^2}{2D_{сеп}} = -\frac{(-1.100)^2}{2 \cdot 73.22} = -0.01 \text{ м.}$$

7. Загальна поправка:

$$\Delta D = \Delta d_{ком} + \Delta d_h = (-0.18) + (-0.01) = -0.19 \text{ м.}$$

8. Горизонтальне закладання:

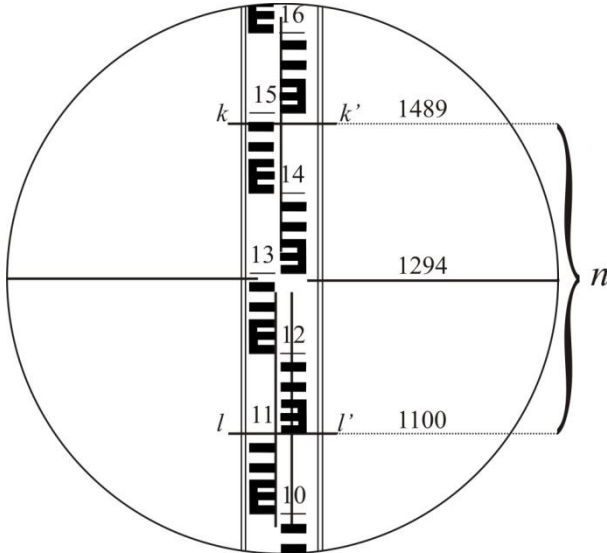
$$d = D_{сеп} + \Delta D = 73.22 + (-0.19) = 73.03 \text{ м.}$$

При зніманні ситуації для виконання лінійних вимірювань застосовують також лазерні рулетки, ниткові віддалеміри геодезичних приладів. При вимірюванні довжин нитковим віддалеміром у точці, відстань до якої вимірюють, встановлюють нівелірну рейку із сантиметровими поділками і наводять на неї зорову трубу приладу. Візування, як правило, здійснюють на відлік за рейкою, рівній висоті приладу. Далі, за допомогою навідних гвинтів труби, наводять верхній штрих сітки ниток на межу двох сусідніх дециметрових поділок (рис. 3.3). Підраховують число поділок n між верхніми та нижніми віддалемірними штрихами, знаходять відстань D за формулою:

$$D = Kn + c, \quad (3.7)$$

де: $K=100$ – коефіцієнт віддалеміра; c – стала віддалеміра, для зорових труб із внутрішнім фокусуванням рівна 4-5 см, (нею можна нехтувати).

У далекомірну відстань, вноситься поправка за нахил лінії, обчислена за формулами (3.3) або (3.4).



$$D=100 \cdot (1489-1100)=38900 \text{ мм} = 38,9 \text{ м}$$

Рис. 3.3. Визначення відстані за нитковим віддалеміром

3.1.3. Кутові вимірювання

Для вимірювання горизонтального кута теодоліт встановлюють над його вершиною, приводять у робоче положення, у вершинах суміжних кутів теодолітного ходу встановлюють віхи. Приведення теодоліта у робочий стан складається із:

- центрування;
- горизонтування – приведення приладу у горизонтальне положення;
- встановлення труби для спостережень.

Центрування полягає у суміщенні центра лімба горизонтального круга приладу із прямовисною лінією, що проходить через вершину вимірюваного кута. Попередньо (до 2-3 см) центрування виконується встановленням ніжок штатива, остаточно – пересуванням теодоліта на головці штатива, яка повинна бути приблизно у горизонтальному положенні. Центрування виконується за допомогою виска з похибкою, що не перевищує ± 5 мм.

При горизонтуванні встановлюють рівень приладу за напрямком будь яких двох піднімальних гвинтів, обертаючи якими у різні боки,

приводять бульбашку циліндричного рівня на середину. Далі повертають алідадну частину разом з рівнем на 90° і, обертаючи третій піднімальний гвинт, знову виводять бульбашку рівня на середину. Для уточнення встановлення вказані дії повторюють, при цьому рівень повинен бути вивірений.

Встановлення зорової труби для спостережень полягає у досягненні чіткості зображення в полі зору сітки ниток і предмета. Цього досягають обертанням окулярного кільця труби та головки фокусувального пристрою. При цьому переміщення ока біля окуляра верх-вниз не повинно викликати паралаксу, тобто зміщення предмету відносно сітки.

Горизонтальні кути можна вимірювати різними способами. Проте виділяють кілька основних:

- 1) способом прийомів;
- 2) способом кругових прийомів;
- 3) спосіб повторень.

Спосіб прийомів використовується, коли необхідно виміряти один кут на точці (рис. 3.4, а), *спосіб кругових прийомів* – коли необхідно виміряти два або більше кутів з однієї вершини (рис. 3.4, б), а *спосіб повторень* коли необхідно досягнути більшої точності при вимірюванні кута.

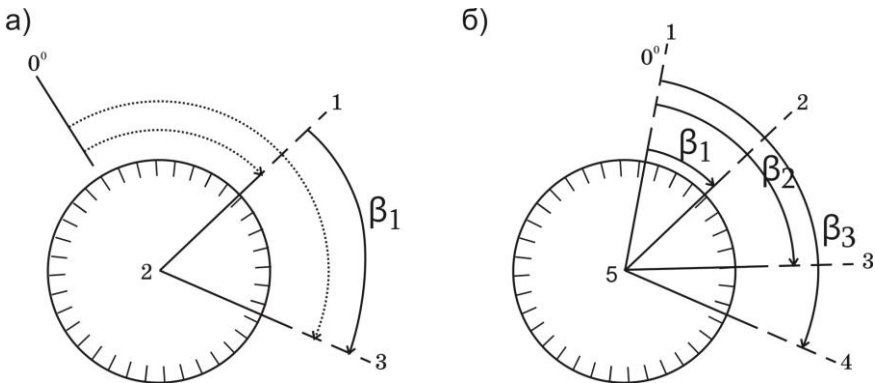


Рис. 3.4. Способи вимірювання горизонтальних кутів:
а) спосіб прийомів; б) спосіб кругових прийомів

Вимірювання кутів у теодолітних ходах найчастіше виконують способом прийомів, тому розглянемо його детальніше. При способі прийомів з однієї станції вимірюється один кут. Вимірювання проводяться в строгій послідовності, а результати заносяться та

обчислюються в „Журналі вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів” (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Дата: 30.07.2022 р. Спостерігав: Бирук Погода: тихо, похмуро
 Теодоліт 2Т30 № 581514 Обчислював: Давидюк

Станція	Точки наведення	Положення ВК	Відліки за ГК	Кути з пів-прийомів	Середнє значення кута	Схема кута
1	2	3	4	5	6	7
1	4	КЛ	174°12.0'	95°23.0'	95°22.5'	
	2		78°49.0'			
	4	КП	354°12.0'	95°22.0'		
	2		258°50.0'			

Після приведення приладу у робочий стан на вершині вимірюваного кута, виконують наступні дії:

- при закріпленому лімбі візують трубу теодоліта на правий напрямок кута, наводять хрест сітки ниток на низ віхи, і за горизонтальним кругом знімають відлік *a*;

- відкріплюють алідаду, візують трубу на лівий напрямок кута і аналогічно знімають відлік *b*;

- обчислюють значення кута як різницю відліків, знятих на праву та ліву точки *a-b*. Якщо відлік на праву точку буде менший за відлік на ліву точку, до нього додають 360° (нуль лімба виявився посередині вимірюваного кута). На цьому закінчується перший півприйом;

- далі переводять трубу через зеніт, повертають прилад на 180° і за другого положення вертикального круга знову виконують всі дії у вказаній послідовності. Ці дії складають другий півприйом.

Значення кута, отримані з першого та другого півприйомів, можуть відрізнятись між собою не більш ніж на 1'. Остаточне

значення кута знаходять як середнє арифметичне з двох півприймів. Якщо розбіжність між півприйомами більша за $1'$, кут перемиряють.

Вимірювання горизонтальних кутів при тахеометричному зніманні виконують лише при одному крузі, як правило при *КЛ*.

Для приведення вимірних довжин ліній до горизонту вимірюють кути нахилу ліній. **Кутом нахилу v** називають кут між горизонтальною площиною і напрямком на необхідну точку (рис. 3.5). Прийнято називати кути нахилу **вертикальними**. Якщо точка, на яку необхідно визначити кут нахилу, розміщена вище від горизонтальної площини, то кут нахилу буде із знаком плюс, а якщо нижче – мінус.

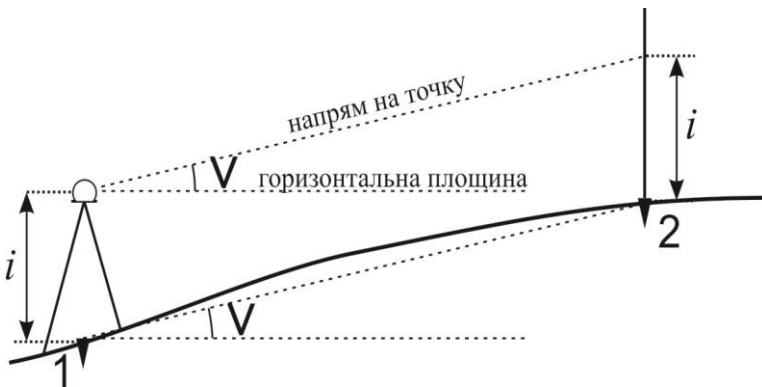


Рис. 3.5. Схема вимірювання вертикального кута

Для вимірювання вертикального кута напрямку на точку, візують на неї трубу приладу при двох положеннях круга і знімають відліки з вертикального круга. При вимірюванні кута нахилу лінії місцевості, наводять трубу на висоту приладу, щоб промінь візування розміщувався паралельно до земної поверхні. Значення вертикального кута і місця нуля обчислюють за формулами (2.3), (2.4). Результати вимірювань заносяться та обчислюються в „Журналі вимірювання вертикальних кутів” (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Журнал вимірювання вертикальних кутів теодолітом

Дата: 20.06.2013 р.

Спостерігав: Іванюк

Погода: тихо, ясно

Теодоліт 2Т30 № 541512

Обчислював: Петрук

Станції	Точки наведення	Відліки за ВК		МО	Кути нахилу		Кут нахилу середній
		КП	КЛ		КЛ-МО	МО-КП	
1	2	+1°50'	-1°53'	-0°01.5'	-1°51.5'	-1°51.5'	-1°51.5'
1	4	-0°11'	0°08'		0°09.5'	0°09.5'	0°09.5'

3.1.4. Вимірювання дирекційного кута (магнітного азимуту) вихідного напрямку

Вихідний дирекційний кут початкової сторони вимірюється у полі за допомогою теодоліта та орієнтир-бусолі (рис. 3.6). Насправді, за допомогою орієнтир-бусолі визначається величина магнітного азимуту, а врахувавши кут схилення магнітної стрілки та зближення меридіанів одержують дирекційний кут. Однак, для потреб даної навчальної практики, приймемо вимірне значення магнітного азимуту за дирекційний кут.



Рис. 3.6. Орієнтир-бусоль

Головні частини бусолі – магнітна стрілка 1, корпус 2, у якому вона знаходиться, дзеркальце 3, закріпний гвинт стрілки 4 (аретир) та гвинт 5 для кріплення бусолі на колонці теодоліта.

Вимірювання магнітного азимуту виконують у наступному порядку:

1. Приводять теодоліт у робоче положення над початковою точкою лінії.
2. Суміщають нулі лімба й алідади горизонтального круга теодоліта:
 - при нерухомому лімбі ГК обертають алідаду, спостерігаючи у відліковий мікроскоп до тих пір, поки позначка нуля градусів приблизно не суміститься з початком шкали;
 - закріплюють алідаду та навідним гвинтом алідади точно суміщають позначку нуля градусів з початком шкали.
3. Встановлюють нульовий відлік у напрямку магнітного меридіану:
 - відкріплюють закріпний гвинт лімба (алідада при цьому закріплена) та закріпний гвинт магнітної стрілки бусолі, і повертають теодоліт, поки магнітна стрілка бусолі приблизно не вкаже на північ;
 - закріплюють лімб та виконують точне суміщення магнітної стрілки із відповідною позначкою півночі на корпусі бусолі виконують обертанням навідного гвинта лімба.
4. Відкріплюють алідаду та наводять зорову трубу на кінцеву точку лінії.
5. Знімають відлік за ГК, що рівний величині магнітного азимуту даної лінії, який приймаємо за дирекційний кут.

3.1.5. Нівелювання точок теодолітного ходу

В інженерній практиці при визначенні перевищень і висот точок на станції застосовують геометричне нівелювання. Перевищення між двома точками при цьому виді нівелювання визначається за допомогою горизонтального променя. Розрізняють два способи геометричного нівелювання: „із середини” та „вперед” (рис. 3.7).

При нівелюванні „із середини” в точках 1 і 2 місцевості встановлюють рейки, а приблизно по середині – нівелір (рис. 3.7, а). Таке робоче положення нівеліра і рейки при нівелюванні, називають **станцією**. При виконанні нівелювання в напрямку від точки 1 до точки 2, рейку в точці 1 вважають задньою за рухом, а в точці 2 – передньою. Задні і передні точки називають ще **зв'язуючими** або **основними**. Саме через ці точки і відбувається передача перевищень у нівелірному ході. **Проміжні точки** – це додаткові точки, висоти яких необхідно визначити згідно завдань, що виникають, найчастіше це характерні точки рельєфу, або ситуації.

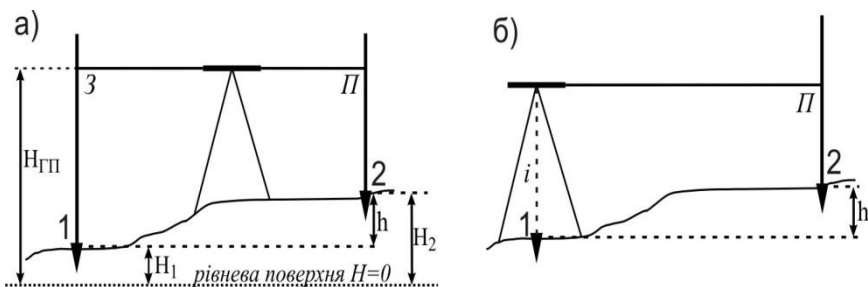


Рис. 3.7. Визначення висот точок:
а) нівелюванням „із середини”; б) нівелюванням „вперед”

Для визначення висот точок теодолітного ходу виконують технічне нівелювання, яке відноситься до геометричного нівелювання. Визначення висоти шуканої точки відбувається послідовною передачею перевищень від точки з відомою висотою. Висота однієї з точок теодолітного ходу задається викладачем, або визначається нівелюванням від найближчого репера.

Нівелювання виконується способом із середини, з допустимою розбіжністю відстаней до задньої та передньої рейок (не більше 10 м). Довжина візирного променя не повинна перевищувати 120 м. Розбіжність між перевищеннями, визначеними за червоними та чорними відліками задньої і передньої рейок допускається в межах ± 5 мм. Відліки знімають лише за середньою ниткою. Спостереження виконують в такій послідовності:

- 1) встановлюють нівелір на штативі і приводять в робоче положення на визначеному місці;
- 2) наводять трубу на задню рейку, знімають відлік з чорного боку рейки;
- 3) наводять зорову трубу на передню рейку, знімають відліки з чорного та червоного боків рейки;
- 4) наводять трубу нівеліра на передню рейку і знімають відлік з червоного боку рейки;
- 5) наводять трубу на рейку встановлену у проміжних точках (якщо вони є) та знімають відліки лише з чорного боку рейки.

Перед зніманням відліків з рейки обов'язково суміщають кінці бульбашки циліндричного рівня елеваційним гвинтом (встановлюють візирний промінь в горизонтальне положення).

Відразу на станції обчислюють і контролюють п'ятки рейок та перевищення між зв'язуючими точками. Лише впевнившись у розбіжності перевищень на одній станції та п'яток в межах до ± 5 мм можна переносити прилад на наступну станцію. П'ятки рейок на зв'язуючих точках обчислюються як різниця відліку з червоного та чорного боків рейки:

$$P = a^{чер} - a^{чор}. \quad (3.8)$$

Перевищення між зв'язуючими точками обчислюються як різниця між відліками задньої та передньої рейок за чорним та червоним боками:

$$h_{чор} = a^{чор} - b^{чор}; \quad (3.9)$$

$$h_{чер} = a^{чер} - b^{чер}. \quad (3.10)$$

На наступній станції вимірювання, записи та їх контроль виконують в такій самій послідовності.

Всі результати спостережень записують в журналі технічного нівелювання (табл. 3.5). Заповнення журналу починається з перших двох колонок – №№ станцій та №№ точок нівелювання. При цьому необхідно пам'ятати, що з однієї станції проводяться спостереження на 2 зв'язуючі точки – задню і передню, та довільну кількість проміжних (проміжні точки можуть бути відсутні).

Плануючи заповнення журналу враховують наступне:

- обчислення з однієї станції обов'язково повинні починатися і закінчуватися на одній сторінці;
- для кожної зв'язуючої точки необхідно по два рядочки;
- для кожної проміжної точки – один рядок;
- один рядок знизу для додаткової інформації.

Таким чином для кожної станції необхідно по 5 рядків та по рядку на кожен проміжну точку.

Номер станції позначається посередині рядків відведених для станції. У другій колонці позначаються номери точок в такій послідовності: спочатку номер задньої точки, через один рядок номери проміжних точок (якщо вони є), а потім номер передньої точки.

Таблиця 3.5

Журнал технічного нівелювання

Дата: 25.06.2022 р. Спостерігав: Берук Погода: тихо, похмуро

№№ ст	№№ точок нівелювання	Відліки з рейок			Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм	Горизонт приладу, м	Висоти точок, м
		задня	передня	проміжна				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Замкнений хід								
	1	0785						
		5471			-1201			
1	2	4686	1986		-1199	-1200		
			6670					
			4684					
	2	2532						
		7219			+1696			
2	3	4687	0836		+1698	+1697		
			5521					
			4685					
	3	1459						
		6144			+299			
3	4	4685	1160		+300	+300		
			5844					
			4684					
	4	1097						
		5783			-806			
4	1	4686	1903		-804	-805		
			6587					
			4684					
Посторінковий контроль								

Під час спостережень знімають відліки та записують їх в колонках 3, 4, 5 у відповідні рядки.

Після обчислення вимірних середніх перевищень, складають схему нівелірного ходу, приклад якої наведено на рис. 3.8. На схемі вказуються всі основні (зв'язуючі) точки нівелювання, та порядок і напрямок нівелювання. Записуються середні перевищення між

точками. У середині ходу вказуються результати обчислень при зрівнюванні ходу.

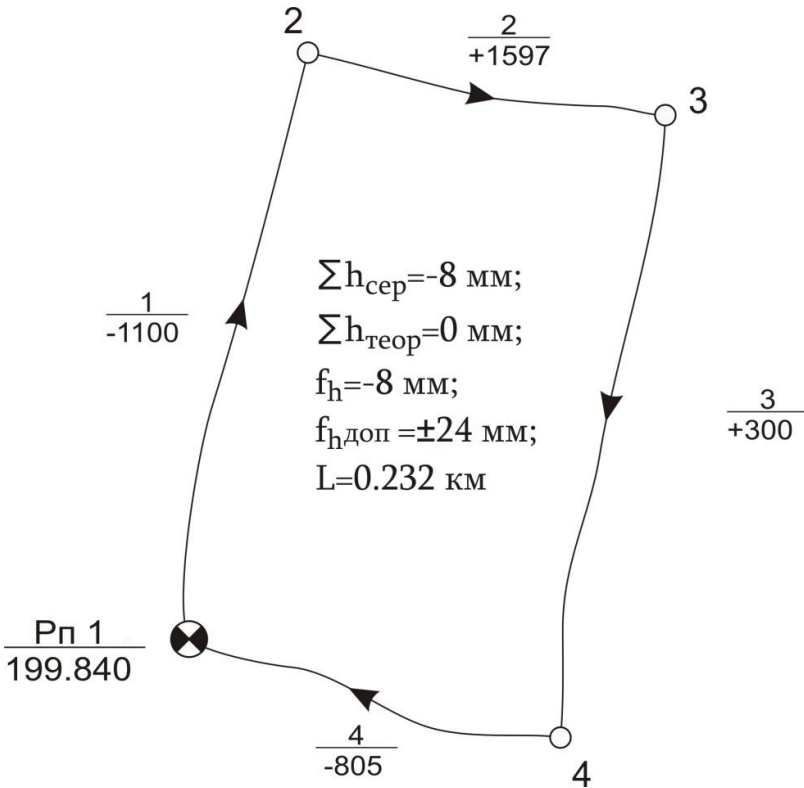


Рис. 3.8. Схема нівелірного ходу

Подальші обчислення та зрівнювання нівелірного ходу виконуються в камеральних умовах. Приклад заповнення та обчислення журналу технічного нівелювання теодолітного ходу наведений у питанні 3.2.2.

3.1.6. Тахеометричне знімання ситуації та рельєфу місцевості

Знімання ситуації при виконанні тахеометричної зйомки виконують після робіт зі створення геодезичного обґрунтування або одночасно із ними. Опорою під час знімання ситуації слугують точки і сторони теодолітного ходу, відносно яких визначають положення

всіх предметів місцевості. Для виконання знімання ситуації приймають наступні способи:

- Спосіб прямокутних координат (перпендикулярів) (рис. 3.9, а) визначає положення точки двома величинами: абсцисою x - вздовж лінії теодолітного ходу і ординатою y - вздовж перпендикуляра встановленого від сторони теодолітного ходу до точки знімання. Перпендикуляри на місцевості будують на око за допомогою стрічки та рулетки або екером. Гранична довжина перпендикуляра залежить від характеру контура, що знімають, наприклад при зніманні точок капітальних споруд у масштабі 1:500 вона не повинна перевищувати 4 метри при встановленні перпендикуляра на око та 20 м при побудові перпендикуляра за допомогою еккера. Цей спосіб застосовують при зніманні витягнутих вздовж лінії теодолітного ходу контурів – річок, меж с-г угідь і т.д.

- Спосіб створів (рис. 3.9, б) застосовують у випадку, коли точка, що знімається, розміщується на лінії теодолітного ходу або на його продовженні. Зазвичай це точки перетину контурів, доріг, електроліній і т.д. з лініями теодолітного ходу. Щоб знайти їх положення, потрібно виміряти до них відстань d вздовж лінії теодолітного ходу.

- Спосіб кутових засічок (рис. 3.9, в). Для визначення положення точки знімання цим способом теодолітом вимірюють два кути β , що примикають до базису. Базисом може бути сторона або частина теодолітного ходу чи інші будь-які два пункти знімальної мережі, між якими є видимість. Примикаючі кути вимірюють одним півприйомом з точністю до цілих мінут. Основною вимогою до кутової засічки є те, що кут при точці знімання повинен знаходитись у межах 30° - 150° , а відстань при зніманні капітальних споруд в масштабі 1:500 не повинна перевищувати 100 метрів. Спосіб кутових засічок застосовують у тому випадку, коли безпосередні вимірювання ліній між стороною теодолітного ходу та точкою знімання є неможливими через перешкоду.

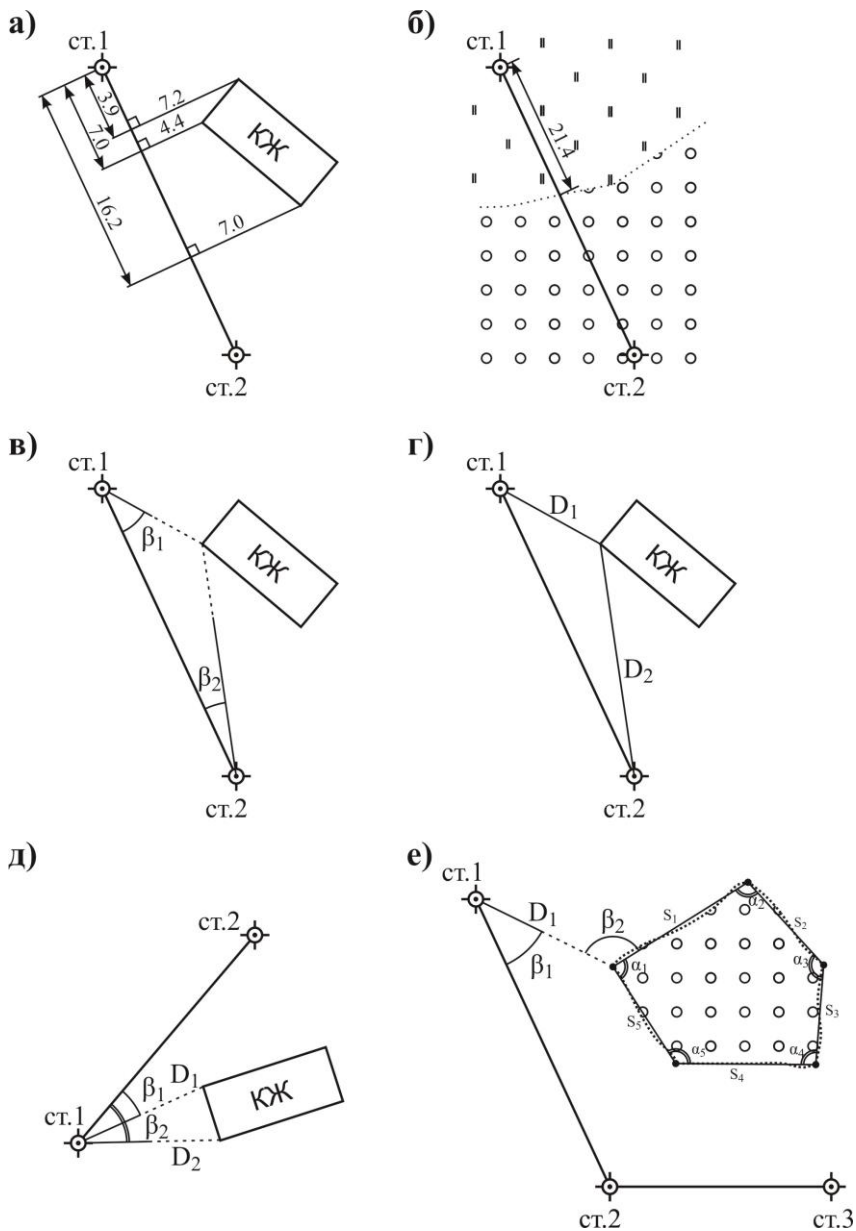


Рис. 3.9. Методи змінення контурів місцевості:

- а) перпендикулярів; б) створів; в) прямих кутових засічок; г) лінійних засічок; д) полярний; е) обходу

- Спосіб лінійних засічок (рис. 3.9, г). Цим способом положення точок знімання визначається двома промірами від точок, розміщених на стороні теодолітного ходу. Довжини ліній засічки вимірюють мірною стрічкою чи рулеткою. Максимальні їх відстані при зніманні точок капітальних споруд в масштабі 1:500 не повинні перевищувати 25 метрів (довжини мірного приладу). Спосіб лінійних засічок застосовують у тому випадку, коли безпосередню довжину перпендикуляра з точки знімання до сторони ходу, виміряти неможливо.

- Спосіб полярних координат (рис. 3.9, д). Під час виконання знімань цим способом теодоліт встановлюють в будь-якій вершині теодолітного ходу, вимірюють кути β одним прийомом і полярні відстані d стрічкою, рулеткою або нитковим віддалеміром теодоліта. Вимірювання кутів виконують за годинниковою стрілкою з точністю до цілих мінут. Граничні значення полярної відстані залежать від характеру контура, наприклад, при зніманні в масштабі 1:500 у випадку капітальних споруд при вимірюванні мірною стрічкою, довжина лінії не повинна перевищувати 90 метрів – максимальна відстань від приладу до рейки при зніманні чітких контурів становить 60 метрів (для нечітких контурів відстань збільшується у 1,5 рази). Даний спосіб застосовують на відкритій місцевості.

- Спосіб обходу (рис. 3.9, е) виконують прокладанням знімального теодолітного ходу, лінії якого співпадають з контуром знімання місцевості. Цей хід прив'язують до точок планового обгрунтування. Під час знімання цим методом, вимірюють горизонтальні кути $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ за одного положення вертикального круга і довжини ліній S_1, S_2, \dots, S_n мірною стрічкою з точністю до 0,1 м. Спосіб обходу виконують прокладанням замкнених ходів при зніманні площинних контурів (посіви культур, селища і т.д.) і одиночних ходів при зніманні витягнутих контурів (доріг, меж тощо). Перевагою цього способу є наявність надлишкових вимірювань, що дозволяє перевірити правильність виконання кутових і лінійних вимірювань.

Вибір того чи іншого способу знімання ситуації залежить від конкретних умов місцевості, але під час виконання практики необхідно організувати роботу таким чином, щоб застосувати всі наведені способи.

Під час знімання складають схематичний план місцевості – абрис. На абрисі показують розміщення точок теодолітних ходів, об'єктів знімань, контурів, рейкових точок зі всіма результатами куткових та лінійних вимірювань і пояснюючими записами. Абрис повинен дати повне уявлення про ситуацію та рельєф ділянки знімання, з нього видно яким способом була знята та чи інша точка. Якщо ситуація є складною, абрис складають окремо для кожної сторони теодолітного ходу. Абрис ведуть відразу начисто на правих сторінках журналу тахеометричного знімання або в спеціальному зошиті, використовуючи олівець та лінійку. Приклад оформлення абриса тахеометричного знімання наведено у додатку 2.

Суть тахеометричного знімання

Тахеометрія – „швидковимірювання”. При тахеометричному зніманні одночасно виконують горизонтальне і вертикальне знімання – відстані вимірюють віддалеміром теодоліта, а перевищення визначають тригонометричним нівелюванням (нахиленим променем).

Тахеометричне знімання доцільно застосовувати на місцевості з різко вираженим рельєфом. При цьому зніманні визначають просторове положення точки місцевості одним наведенням зорової труби на рейку, встановлену в цій точці (рис. 3.10).

Процес знімання рельєфу і ситуації місцевості полягає в наступному:

1. Вимірюють висоту приладу i (віддаль від верха кілочка, забитого на місцевості, до осі обертання труби) – рулеткою або рейкою з точністю до 1 см.

2. Орієнтують теодоліт за вихідним напрямком (суміщають нулі лімба та алідади із напрямком орієнтування):

- при нерухомому лімбі ГК обертають алідаду, спостерігаючи в відліковий мікроскоп до тих пір, поки позначка нуля градусів приблизно не суміститься з початком шкали;

- закріплюють алідаду та навідним гвинтом алідади точно суміщають позначку нуля градусів з початком шкали;

- відкріплюють закріпний гвинт лімба (алідада при цьому закріплена), та спостерігаючи в окуляр наводять зорову трубу в заданому напрямку;

- знову закріплюють лімба та навідним гвинтом лімба точно наводять вертикальну нитку сітки ниток в заданому напрямку.

3. Відкріплюють алідаду і послідовно візують трубу на кожну контурну і рельєфну точку, знімають відліки за горизонтальним і вертикальним кругами і віддалеміром теодоліта. При цьому протягом всього періоду спостережень на станції лімба має бути нерухомим.

Результати вимірювань заносять у журнал тахеометричного знімання (табл. 3.6), в який (у полі) записують: номер та висоту станції; напрям орієнтування; висоту приладу; значення місця нуля MO ; номер пікетної точки; відстань за віддалеміром теодоліта; відліки зняті за горизонтальним і вертикальним кругами; висоту наведення теодоліта на рейку. Всі пікетні точки проставляють на абрисі, вказуючи стрілками схили місцевості, за якими слід інтерполювати горизонталі. Після закінчення знімання на кожній станції зорув трубу теодоліта візують на вихідний напрямок і записують відлік за горизонтальним кругом для контролю нерухомості лімба. На кожній станції вибирають дві контрольні пікетні точки для їх знімання з сусідніх станцій.

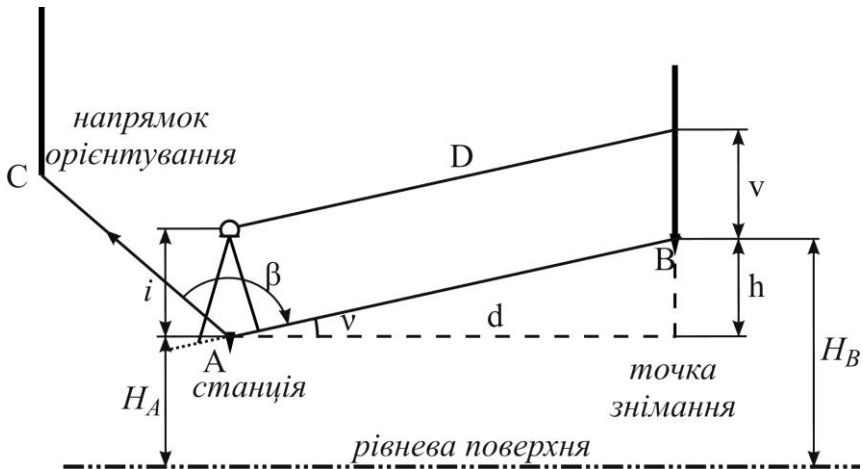


Рис. 3.10. Тахеометричне знімання місцевості

Таблиця 3.6

Журнал тахеометричного знімання

Дата 14.07.2022 р. Теодоліт 2Т30 №571843
 Станція 1 Орієнтовано на станцію 2
 Нст.=198.64 м $i_n=1.55$ м $MO = -0^001'$

№ точки	Далекомірна віддаль D_i	Горизонтальне прокладання d_i	Відліки		Кут нахилу	Висота наведення	Попереднє перевищення h'_i	Остаточне перевищення h_i	Висоти точок H_i
			за ГК	за ВК (К/Л)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
111	4.5		33°17'	-0°24'					
112	12.4		169°32'	+1°41'		1.55			
113	15.5		225°50'	+1°19'					

3.1.7. Визначення висот елементів фасаду

Для визначення висоти споруди або тієї чи іншої її точки застосовують теодоліт і рулетку. Встановлюють теодоліт на відстані d , приблизно рівній подвійній висоті споруди, вимірюють цю відстань рулеткою, а теодолітом вимірюють вертикальні кути v , які відповідають наведенню на відповідні елементи фасаду (рис. 3.11). При цьому вимірювання висоти споруди і окремих її елементів виконується не від рівня землі, а від нульової лінії, яка проводиться на споруді на певній висоті над землею. Вимірювання виконують при двох положеннях вертикального круга приладу, для контролю з двох станцій. Висоту елемента фасаду визначають за формулою:

$$H = d \operatorname{tg} v . \quad (3.11)$$

Розбіжність результатів обчислень висоти елементів фасаду, отриманих із двох станцій, не повинна перевищувати 0.05 м.

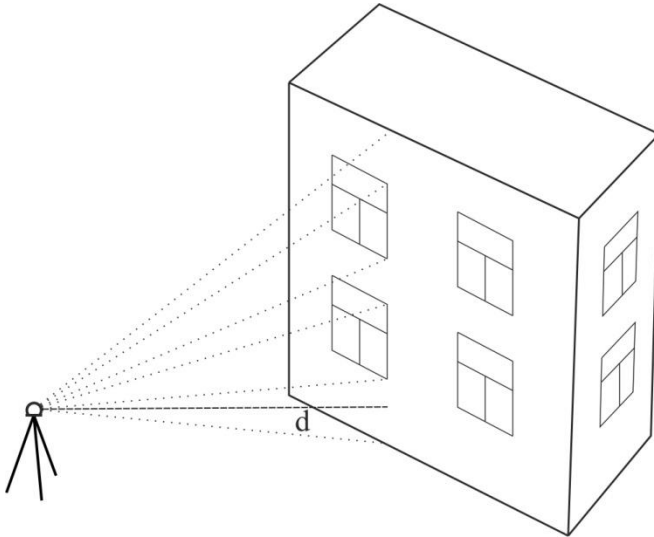


Рис. 3.11. До визначення висоти елементів фасаду

Приклад визначення висоти елемента фасаду вимірюванням вертикальних кутів (відносно «нульової лінії»):

Виміряно: $d = 33.08$ м; $\gamma_{КЛ} = 6^{\circ}02.0'$; $\gamma_{КП} = 6^{\circ}03.0'$;

Таблиця 3.7

Відомість обчислення висоти елемента фасаду

Елементи формул	КЛ	КП
$d, м$	33.08	
γ	$6^{\circ}02.0'$	$6^{\circ}03.0'$
$tg\gamma$	0.1057	0.1060
$H, м$	3.50	3.51
$H_{сер.}, м$	$(3.50 + 3.51)/2 = 5.515$ м	

Примітка: щоб визначити висоту елемента фасаду відносно основи споруди потрібно додати висоту «нульової лінії» відносно основи споруди.

При визначенні висоти карнизів, стель, дверних та віконних отворів, можна використовувати нівелір і рейку. При цьому рейку

прикладають до певної точки чи до карніза нулем (п'яткою) до верху (рис. 3.12). У цьому випадку висота точки буде знайдена як:

$$H = H_R + a + b, \quad (3.12)$$

де: H_R – висота найближчого репера чи будь якої точки з відомою висотою; a і b – відліки, зняті з рейки, відповідно на репері і точці, висоту якої визначають.

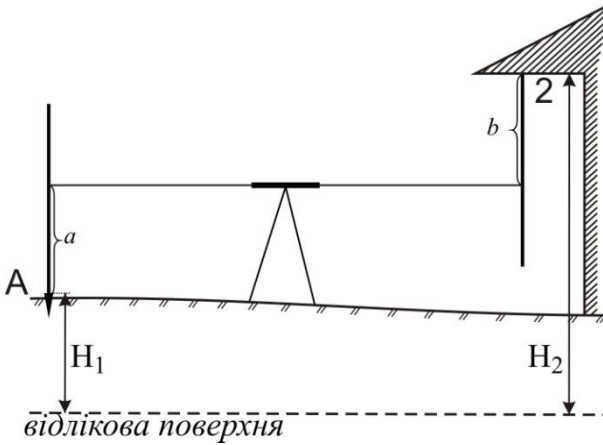


Рис. 3.12. До визначення висоти карніза геометричним нівелюванням

Приклад визначення висоти карніза геометричним нівелюванням:

$$H_2 = H_A + a + b = 121.050 + 1.356 + 2.111 = 122.405 \text{ м.}$$

3.2. Камеральна обробка результатів тахеометричного знімання

Камеральна обробка матеріалів тахеометричного знімання виконується після завершення польових вимірювань. Вона полягає у виконанні обчислювальних і графічних робіт з кінцевою метою – отримати координати та висоти точок теодолітного ходу, обчислити журнал тахеометричного знімання і побудувати топографічний план місцевості. Камеральна обробка результатів тахеометричного знімання складається з:

- перевірки записів у польових журналах, обчислення кутів теодолітного ходу і горизонтальних прокладень ліній;

- оцінки якості вимірювання кутів теодолітного ходу і їх урівнювання;
- оцінки якості лінійних вимірювань в теодолітному ході, урівнювання приростів координат і обчислення координат вершин ходу;
- оцінки якості вимірювання перевищень між пунктами теодолітного ходу та обчислення висот вершин ходу;
- обчислення журналу тахеометричного знімання;
- побудови топографічного плану.

Перші п'ять етапів складають зміст обчислень координат та висот теодолітного ходу і журналу тахеометричного знімання, шостий – зміст графічних побудов.

3.2.1. Обчислення координат вершин теодолітного ходу

На першому етапі камеральної підготовки ретельно перевіряють записи в польових журналах і обчислюють середні значення кутів, які записують до 0.1'. Знаходять середні значення довжин ліній з точністю до 0,01 м і вводять до них поправки за компарування (див. п.3.1.2), якщо довжина стрічки відрізняється від номінальної більше, ніж на 1:10000 (2 мм для 20-ти метрової стрічки), і за нахил лінії, якщо кут нахилу її більший 1.5°. Поправка за нахил завжди вводиться до вимірної нахиленої довжини із знаком мінус (формули 3.3-3.4), так як горизонтальне прокладення менше нахиленої довжини. Величину горизонтального прокладання можна знайти за формулою:

$$d_r = d_n \cos \gamma, \quad (3.13)$$

де: d_n – середнє значення нахиленої лінії; γ – кут нахилу, значення d_r обчислюють з точністю до 0.01 м.

Перед тим, як перейти до обчислень другого і третього етапів камеральної обробки, яку виконують у відомості обчислення координат точок теодолітного ходу, з польового журналу виписують на схему теодолітного ходу (рис. 3.1) біля кожної вершини відповідний середній кут, по середині кожної сторони – обчислені горизонтальні прокладення. На цій же схемі вказують суму вимірних кутів $\Sigma\beta_{вим}$, теоретичну суму кутів $\Sigma\beta_{теор}$, величини кутової і граничної нев'язки.

Обчислення координат точок теодолітного ходу охоплює ряд операцій, які виконуються в певній послідовності. Обчислення

виконується у „Відомості обчислення координат точок теодолітного ходу” (табл. 3.8). Першим етапом є *урівнювання виміряних горизонтальних кутів*, яке виконується в наступній послідовності:

1) обчислюють суму виміряних кутів $\sum_{i=1}^n \beta_i$ вим .

2) обчислюють теоретичну суму кутів полігону за формулами:
а) у випадку замкненого ходу:

– для виміряних внутрішніх кутів полігону:

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ \times (n - 2); \quad (3.14)$$

– для виміряних зовнішніх кутів полігону:

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ \times (n + 2), \quad (3.15)$$

де n – кількість кутів в теодолітному ході;

б) у випадку розімкненого ходу:

– для виміряних лівих кутів:

$$\sum \beta_{теор} = \alpha_K - \alpha_{II} + 180^\circ \times n; \quad (3.16)$$

– для виміряних правих кутів:

$$\sum \beta_{теор} = \alpha_{II} - \alpha_K + 180^\circ \times n, \quad (3.17)$$

де α_{II} – дирекційний кут початкової твердої лінії;

α_K – дирекційний кут кінцевої твердої лінії;

3) обчислюють кутову нев'язку за формулою:

$$f_\beta = \sum \beta_{вим} - \sum \beta_{теор}. \quad (3.18)$$

4) обчислюють допустиму кутову нев'язку теодолітного ходу:

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}. \quad (3.19)$$

5) перевіряють чи виконується нерівність:

$$f_\beta \leq f_{\beta доп}. \quad (3.20)$$

Виконання умови (3.20) означає, що кутові вимірювання виконані з достатньою точністю і кути полігону можна урівнювати. В протилежному випадку необхідно виконати повторне вимірювання кутів;

Таблиця 3.8

Відомість обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу

№№ точок	Виміряні кути $\beta_{вим}$	Поправ- ки υ	Виправ- лені кути $\beta_{випр}$	Дирек- ційні кути α	Гориз. закла- дання, м d_0	Прирости координат				Прямокутні координати		№№ точок	
						Обчислені		Виправлені		x	y		
						$\Delta x_{обч}$	$\Delta y_{обч}$	$\Delta x_{випр}$	$\Delta y_{випр}$				
1				4°28.5'	73.03	+0.02	-0.01	+72.83	+5.69	1183.97	1017.75	1	
2	93°40.0'	+0.3'	93°40.3'			+72.81	+5.70			1256.80	1023.44	2	
				90°48.2'	39.54	+0.01	-0.01	-0.55	+39.53				
3	86°21.5'	+0.2'	86°21.7'			-0.56	+39.54			1256.25	1062.97	3	
				184°26.5'	79.33	+0.02	-0.01	-79.07	-6.16				
4	84°35.0'	+0.3'	84°35.3'			-79.09	-6.15			1177.18	1056.81	4	
				279°51.2'	39.63	+0.01	-0.01	+6.79	-39.06				
1	95°22.5'	+0.2'	95°22.7'			+6.78	-39.05			1183.97(к)	1017.75(к)	1	
2		$\Sigma\beta_{випр}=360^{\circ}00.0'$ (к)		4°28.5' (к)								2	
								0.00 (к)	0.00 (к)				

$$P = 231.53 \text{ м;}$$

$$\Sigma\Delta x_{обч} = -0.06 \text{ м;}$$

$$\Sigma\Delta y_{обч} = +0.04 \text{ м;}$$

$$\Sigma\beta_{вим} = 359^{\circ}59.0';$$

$$\Sigma\Delta x_{теор} = 0.00 \text{ м;}$$

$$\Sigma\Delta y_{теор} = 0.00 \text{ м;}$$

$$\Sigma\beta_{теор} = 180^{\circ}(4-2) = 360^{\circ}00.0';$$

$$f_x = -0.06 \text{ м;}$$

$$f_y = +0.04 \text{ м;}$$

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{вим} - \Sigma\beta_{теор} = -0^{\circ}01.0';$$

$$f_{абс} = \pm 0.07 \text{ м;}$$

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 0^{\circ}02.0';$$

$$f_{відн} = \frac{1}{3308} \left\langle \frac{1}{2000} \right\rangle.$$

$$f_{\beta} < f_{\beta доп}.$$

- б) урівнювання кутів полягає у розподіленні отриманої нев'язки з протилежним знаком порівну на кожний кут. Ця величина називається **поправкою** \mathcal{G} і обчислюється за формулою:

$$\mathcal{G}_\beta = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (3.21)$$

Поправки обчислюються до 0,1' і записуються червоним кольором в колонці „*Виміряні кути*” над значеннями кутів. При цьому повинна виконуватись умова:

$$\sum \mathcal{G}_{\beta_i} = -f_\beta. \quad (3.21)$$

Якщо дана умова порушується через похибки округлення, то слід більші поправки ввести в кути виміряні між найкоротшими сторонами;

- 7) урівняні значення кутів β' обчислюють за формулою:

$$\begin{aligned} \beta'_1 &= \beta_1 + \mathcal{G}_\beta; \\ \beta'_2 &= \beta_2 + \mathcal{G}_\beta; \\ &\dots\dots\dots \\ \beta'_i &= \beta_i + \mathcal{G}_\beta. \end{aligned} \quad (3.22)$$

Контроль урівнювання виконується за формулою:

$$\sum \beta'_i = \sum \beta_{теор}. \quad (3.23)$$

Дирекційні кути сторін полігону обчислюються на основі вихідного дирекційного кута та виправлених горизонтальних кутів за формулами:

– для лівих кутів:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ + \beta_i; \quad (3.24)$$

– для правих кутів:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ - \beta_i. \quad (3.25)$$

Тобто *дирекційний кут наступної сторони ходу дорівнює дирекційному куту попередньої сторони ± 180 градусів плюс виправлений горизонтальний кут, що лежить ліворуч між цими сторонами. Або дирекційному куту попередньої сторони ± 180 градусів мінус виправлений горизонтальний кут, що лежить праворуч між цими сторонами.*

Знак „+” або „-” перед 180° обирається з розрахунку, щоб обчислений дирекційний кут був в межах від 0° до 360° .

Контроль: в результаті послідовного обчислення дирекційних кутів сторін полігону, при завершенні обчислень, повинен бути отриманий дирекційний кут вихідної сторони (для замкненого ходу) або дирекційний кут кінцевої твердої сторони (для розімкненого ходу).

Прирости координат Δx та Δy обчислюють згідно прямої геодезичної задачі (рис. 3.13) за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta x_{i \text{ обч}} &= d_i \times \cos \alpha_i; \\ \Delta y_{i \text{ обч}} &= d_i \times \sin \alpha_i, \end{aligned} \quad (3.26)$$

де d_i – горизонтальне прокладання відповідної сторони; α_i – дирекційний кут тієї ж сторони.

Тобто *приріст координат за віссю абсцис рівний добутку горизонтального прокладання лінії на косинус її дирекційного кута. Приріст координат за віссю ординат рівний добутку горизонтального прокладання лінії на синус її дирекційного кута.*

Прирости координат визначають з точністю до 0,01 м. Вони можуть набувати як додатних так і від’ємних значень, тому біля приросту обов’язково записується його знак.

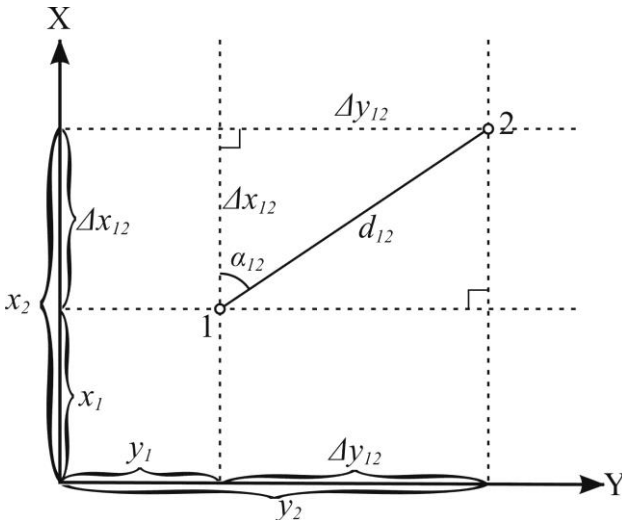


Рис. 3.13. Пряма геодезична задача.

Урівнювання обчислених приростів координат і вирахування координат точок виконується в наступній послідовності:

1) підраховують суму обчислених приростів координат

$$\sum_{i=1}^n \Delta x_{i \text{ обч}}, \sum_{i=1}^n \Delta y_{i \text{ обч}}.$$

2) обчислюють теоретичну суму приростів координат за формулами:

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{теор}} &= x_K - x_{II}; \\ \sum \Delta y_{\text{теор}} &= y_K - y_{II}, \end{aligned} \quad (3.27)$$

де x_{II} , y_{II} – координати початкової точки ходу; x_K , y_K – координати кінцевої точки ходу.

Очевидно, що у випадку замкненого ходу початкова і кінцева точки співпадають, тому для замкненого ходу:

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{теор}} &= x_K - x_{II} = 0; \\ \sum \Delta y_{\text{теор}} &= y_K - y_{II} = 0. \end{aligned} \quad (3.28)$$

3) обчислюють лінійну нев'язку за формулами:

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x_{\text{обч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}}; \\ f_y &= \sum \Delta y_{\text{обч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}. \end{aligned} \quad (3.29)$$

4) на основі f_x та f_y обчислюють абсолютну лінійну нев'язку за формулою:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (3.30)$$

5) відносну нев'язку вираховують за формулою:

$$f_{\text{відн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{1}{P / f_{\text{абс}}}, \quad (3.31)$$

де P – довжина теодолітного ходу (периметр багатокутника).

Відносна нев'язка записується у вигляді натурального дробу, з чисельником рівним одиниці. Критерієм точності прокладеного теодолітного ходу є відносна лінійна нев'язка, значення якої для теодолітного ходу не повинно перевищувати 1:2000;

6) якщо відносна нев'язка не перевищує встановленої допустимої величини, то нев'язки f_x та f_y розподіляються з протилежними

знаками між обчисленими приростами координат пропорційно до довжин відповідних їм сторін шляхом введення *поправок*:

$$\mathcal{G}_{\Delta x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad (3.32)$$

$$\mathcal{G}_{\Delta y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i,$$

де $\mathcal{G}_{\Delta x_i}$, $\mathcal{G}_{\Delta y_i}$ – поправки у прирости i -ої сторони довжиною d_i .

Поправки в обчислені прирости координат вираховують з точністю до 0,01 м та записують червоним кольором над відповідними їм приростами.

Контроль обчислення поправок виконують за формулами:

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{\Delta x_i} = -f_x; \quad (3.33)$$

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{\Delta y_i} = -f_y.$$

Якщо контроль не виконується за рахунок похибок округлення, необхідно змінити на 0,01 м одну чи декілька поправок, починаючи з найдовшої сторони;

7) *виправлені прирости координат* $\Delta x_{випр}$, $\Delta y_{випр}$ знаходять за формулами:

$$\Delta x_{i \text{ випр}} = \Delta x_i + \mathcal{G}_{\Delta x_i}; \quad (3.34)$$

$$\Delta y_{i \text{ випр}} = \Delta y_i + \mathcal{G}_{\Delta y_i}.$$

Контроль: сума виправлених приростів координат в теодолітному ході повинна дорівнювати теоретичній сумі, тобто:

$$\sum \Delta x_{випр} = \sum \Delta x_{теор}; \quad (3.35)$$

$$\sum \Delta y_{випр} = \sum \Delta y_{теор}.$$

8) за урівняними приростами координат визначають *координати точок* теодолітного ходу за правилом: *координата наступної точки дорівнює координаті попередньої точки плюс виправлений приріст між ними*, тобто:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{i-1,i \text{ випр}}; \quad (3.36)$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y_{i-1,i \text{ випр}}.$$

В результаті наведених вище дій послідовно обчислюють координати всіх точок ходу. *Контролем* правильності обчислень є співпадання вирахованих і заданих значень координат кінцевої точки ходу.

3.2.2. Камеральне обчислення журналу технічного нівелювання

З польового журналу технічного нівелювання виписують на схему ходу (рис. 3.8) середнє перевищення між зв'язуючими точками та вказують напрям нівелювання. В середині схеми вказують суму виміряних середніх перевищень $\Sigma h_{вим}$, теоретичну суму перевищень $\Sigma h_{теор}$, величини одержаної і граничної нев'язки.

Камеральне обчислення виконується у „Журналі технічного нівелювання” (табл. 3.9) у наступній послідовності.

1) Обчислюють середні перевищення:

$$h^{сер} = (h^{чер} + h^{чор})/2. \quad (3.37)$$

Значення середнього перевищення необхідно заокруглювати до цілих міліметрів.

2) Виконують посторінковий контроль:

посторінковий контроль виконується в кінці кожної сторінки журналу технічного нівелювання, а дані про його виконання записуються під таблицею, його виконують у кілька етапів:

2.1. Обчислюють суму всіх відліків із задніх рейок (з чорного та з червоного боків) на кожній сторінці:

$$\Sigma Z = \Sigma a_z. \quad (3.38)$$

2.2. Обчислюють суму всіх відліків із передніх рейок (з чорного та з червоного боків) на кожній сторінці:

$$\Sigma П = \Sigma a_n. \quad (3.39)$$

2.3. Обчислюють суму всіх перевищень з червоного та чорного боків на кожній сторінці:

$$\Sigma h = \Sigma h^{чор} + \Sigma h^{чер}. \quad (3.40)$$

2.4. Обчислюють суму середніх перевищень на кожній сторінці $\Sigma h_{сер}$.

2.5. Знаходять різницю суми задніх та передніх відліків і перевіряють чи збігається вона із сумою перевищень:

$$\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h. \quad (3.41)$$

Таблиця 3.9

Журнал технічного нівелювання

Дата: 25.06.2022 р. Спостерігав: Берук Погода: тихо, похмуро
 Нівелір Н-3 № 567548 Обчислював: Петренко

№№ ст	№№ точок нівелю- вання	Відліки з рейок			Переви- щення, мм	Середнє переви- щення, мм	Горизонт приладу, м	Висоти точок, м
		задня	передня	про- міжна				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Замкнений хід								
	1	0785						149.640
		5471			-1201	+2		
1	2	4686	1986		-1199	-1200		148.442
			6670			-1198		
			4684					
	2	2532						148.442
		7219			+1696	+2		
2	3	4687	0836		+1698	+1697		150.141
			5521			+1699		
			4685					
	3	1459						150.141
		6144			+299	+2		
3	4	4685	1160		+300	+300		150.443
			5844			+302		
			4684					
	4	1097						150.443
		5783			-806	+2		
4	1	4686	1903		-804	-805		149.640
			6587			-803		
			4684					
Посторін- ковий контроль		30490(Σz) 30507(Σn) -17 (Σh) -8.5	30507(Σn)		-17 (Σh)	$\Sigma h_{вим} = -8$ $\Sigma h_{теор} = 0$ $f_h = -8$ $f_{h\ доп} = \pm 50\sqrt{L} = \pm 50\sqrt{0.232} =$ ± 24 мм.		

2.6. Ділять суму перевищень на два та перевіряють чи збігається вона із сумою середніх перевищень (при цьому необхідно врахувати, що середні перевищення на сторінці могли заокруглюватись):

$$\sum h/2 = \sum h^{сеп}. \quad (3.42)$$

3) Обчислюють та враховують нев'язку (зрівнюють нівелірний хід). Оскільки нівелірний хід починається і закінчується точками з відомою висотою, то теоретично перевищення між ними буде дорівнювати різниці цих висот. І в ідеалі під час спостережень ми також маємо отримати це перевищення. Проте, насправді під час вимірювань на точність впливає багато факторів і вимірні перевищення відрізняються від теоретичних. Ця різниця називається нев'язкою. Якщо нев'язка нівелірного ходу знаходиться в допустимих межах, то її рівномірно розподіляють за станціями, щоб вимірні перевищення дорівнювали теоретичним. Цей процес називається зрівнюванням нівелірного ходу. Отже зрівнювання нівелірного ходу виконують в такій послідовності:

3.1 Обчислюють суму *вимірних (середніх) перевищень* між зв'язуючими точками за формулою:

$$\sum h_{вим} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_i, \quad (3.43)$$

де $h_1, h_2, h_3, \dots, h_i$ – середні вимірні перевищення між зв'язуючими точками;

3.2 Обчислюють *теоретичну суму перевищень* в ході:

а) коли нівелірний хід розімкнений за формулою:

$$\sum h_{теор} = H_K - H_{П}, \quad (3.44)$$

де H_K і $H_{П}$ – відомі висоти відповідно кінцевого і початкового реперів ходу;

б) коли нівелірний хід замкнений за цією ж формулою:

$$\sum h_{теор} = H_K - H_{П} = 0; \quad (3.45)$$

3.3 Знаходять *нев'язку* в нівелірному ході за формулою:

$$f_h = \sum h_{вим} - \sum h_{теор}; \quad (3.46)$$

3.4 Обчислюють *допустиму нев'язку* в нівелірному ході технічного нівелювання за формулою:

$$f_{h доп} = \pm 50 мм \sqrt{L}, \quad (3.47)$$

де L – довжина ходу в км;

3.5 Перевіряють чи виконується нерівність:

$$f_h \leq f_h \text{ доп.} \quad (3.48)$$

Виконання умови (3.48) означає, що вимірювання виконані з достатньою точністю і нівелірний хід можна урівнювати. В протилежному випадку необхідно перевірити всі обчислення і в разі потреби виконати повторні вимірювання;

3.6 Урівнювання перевищень полягає в розподіленні отриманої нев'язки з протилежним знаком порівну у кожне вимірне перевищення. Ця величина називається **поправкою** \mathcal{G} і обчислюється за формулою:

$$\mathcal{G}_h = -\frac{f_h}{n}, \quad (3.49)$$

де n – кількість перевищень в ході.

Поправки обчислюють з точністю до 1 мм і записують червоним кольором в колонку „середнє перевищення” над значеннями перевищень. Якщо нев'язка не ділиться без остачі на кількість станцій, то на деякі станції необхідно записувати більше число поправки, а на деякі менше. При цьому значення поправок на різних станціях не повинні відрізнятись більше ніж на 1 мм. *Контроль*: сума обчислених поправок повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком:

$$\sum \mathcal{G}_h = -f_h. \quad (3.50)$$

3.7 Для того, щоб отримати виправлене перевищення h' , необхідно до виміряного перевищення додати поправку, обчислену за формулою (3.49), тобто:

$$\begin{aligned} h'_1 &= h_1 + \mathcal{G}_h; \\ h'_2 &= h_2 + \mathcal{G}_h; \\ &\dots\dots\dots \\ h'_i &= h_i + \mathcal{G}_h. \end{aligned} \quad (3.51)$$

Виправлені перевищення записують червоним кольором, під значеннями вимірних перевищень. *Контролем* обчислень є виконання рівності:

$$\sum h'_i = \sum h_{\text{теор.}} \quad (3.52)$$

4) обчислюють висоти передніх зв'язуючих точок шляхом алгебраїчного складання висоти задньої точки з виправленим

перевищенням (значення перевищення необхідно ділити на 1000, щоб перевести в метри):

$$H_{i+1} = H_i + h'_{i,i+1} / 1000. \quad (3.53)$$

Висота вихідної точки (репера) нам відома, тому за формулою (3.53) легко знайдемо висоту передньої точки на станції. Висота задньої точки на наступній станції така ж, як і висота передньої точки на попередній станції (адже це одна й та ж точка), тому переписуємо це значення та знову рахуємо висоту передньої точки. *Контролем* обчислень є отримання висоти кінцевого репера ходу H_K без будь-яких відмінностей, оскільки хід було зрівняно;

5) *висоти проміжних точок*, обчислюють через горизонт приладу. **Горизонт приладу (ГП)** – це віддаль, визначена за прямовисною лінією, від рівневої поверхні до горизонтального променя візування нівеліра, яка обчислюється за формулою:

$$ГП = H_0 + a, \quad (3.54)$$

де H_0 – висота задньої або передньої зв'язуючої точки на станції; a – відлік за чорним боком рейки, встановлений на цій точці.

Тоді *висота проміжної точки* обчислюється за формулою:

$$H_{пром} = ГП - c, \quad (3.55)$$

де c – відлік за чорним боком рейки, встановленої на проміжній точці.

Після обчислення висот всіх основних і проміжних точок обчислення журналу технічного нівелювання завершено.

3.2.3. Камеральне опрацювання матеріалів тахеометричного знімання

Камеральне опрацювання польових матеріалів тахеометричного знімання виконують в такій послідовності:

- обчислюють кути нахилу ν лінії візування на пікетні точки за формулою:

$$\nu = \angle КЛ-МО; \quad \nu = \angle МО-КП; \quad МО = (КЛ + КП) / 2, \quad (3.56)$$

де: $КЛ$ і $КП$ – відліки, зняті за вертикальним кругом при положенні „круг ліворуч” і „круг праворуч”, $МО$ – місце нуля вертикального круга теодоліта;

- обчислюють горизонтальні закладання d за формулою:

$$d = D \cos^2 v, \quad (3.57)$$

де D – відстань визначена за нитковим віддалеміром, v – кут нахилу лінії;

- обчислюють перевищення h між станцією і пікетною точкою за формулою:

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v + i_n - V, \quad (3.58)$$

де i_n , V – висота приладу та висота наведення зорової труби відповідно.

На практиці висоту наведення зорової труби V приймають рівною висоті приладу i_n , тобто $i_n = V$, або $i_n - V = 0$. Тоді перевищення h визначають за виразом:

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v; \quad (3.59)$$

- розраховують висоту пікетної точки за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h_i, \quad (3.60)$$

де H_i та H_{cm} – висоти пікетної точки та станції, h_i – визначене перевищення.

Результати обчислень заносяться в журнал тахеометричного знімання, приклад заповнення якого наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Журнал тахеометричного знімання

Дата 14.07.2022 р.

Теодоліт 2Т30 №461518

Станція 1

Орієнтовано на станцію 2

Нст.=198.64 м $i_n=1.55$ м

$MO = -0^001'$

№ точки	Далекомірна віддаль D_i	Горизонтальне прокладання d_i	Відліки		Кут нахилу	Висота наведення	Попереднє перевищення h'_i	Остаточне перевищення h_i	Висоти точок H_i
			за ГК	за ВК (КЛ)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
111	4.5	4.5	33°17'	-0°24'	-0°23'	1.45	-0.03	-0.03	198.61
112	12.4	12.39	169°32'	+1°41'	+1°42'		+0.37	+0.37	199.01
113	15.5	15.49	225°50'	+1°19'	+1°20'		+0.36	+0.36	199.00

Приклад обчислення журналу для точки 111:

1. Обчислюємо кут нахилу ν лінії візування за формулою:

$$\nu = K/I - MO = -0^{\circ}24' - (-0^{\circ}01') = -0^{\circ}23'.$$

2. Визначаємо горизонтальне закладання d між станцією і пікетною точкою I за формулою:

$$d = D \cos^2 \nu = 4.5 \cos^2(-0^{\circ}23') = 4.5 \text{ м.}$$

3. Обчислюємо попереднє перевищення h' між станцією і пікетною точкою I за формулою:

$$h' = \frac{1}{2} D \sin 2\nu = 0.5 \cdot 4.5 \cdot \sin(2 \cdot (-0^{\circ}23')) = -0.03 \text{ м.}$$

4. Розраховуємо остаточне перевищення h між станцією і пікетною точкою I за формулою:

$$h = h' + i_n - V = -0.02 + 1.45 - 1.45 = -0.03 \text{ м.}$$

5. Обчислюємо висоту пікетної точки I за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h = 198.64 + (-0.03) = 198.61 \text{ м.}$$

3.2.4. Побудова плану тахеометричного знімання

За результатами знімання місцевості складають план. На аркуші креслярського паперу розміром 60×60 см будують координатну сітку 5×5 квадратів (розмір квадрата 10×10 см) за допомогою вимірника і масштабної лінійки. Розходження довжин сторін і діагоналей квадратів координатної сітки не повинні перевищувати 0.2 мм. Відповідно до значень координат точок теодолітного ходу (відомість обчислення координат точок теодолітного ходу), підписують координати сітки (абсциси – за вертикальною віссю, ординати – за горизонтальною). За прямокутними координатами, користуючись поперечним масштабом, наносять всі точки планового обґрунтування. Контроль нанесення точок виконують, вимірюючи відстані між ними, розбіжності яких від виміряних на місцевості не повинні перевищувати 0.2 мм.

Поперечний масштаб – це графік, що базується на пропорційному поділі. Для побудови поперечного масштабу на прямій декілька разів відкладають основу масштабу й з отриманих точок поділу проводять перпендикуляри на яких відкладають 10 рівних частин, через які проводять лінії паралельні до основи. Першу ліву основу знизу та зверху ділять також на 10 рівних частин. Отримані точки з'єднують

похилими лініями, як показано на рис. 3.14. Ці похилі лінії називаються *трансверсали*. Горизонтальні відрізки між трансверсалими рівні десятим долям основи, а вертикальні відрізки між лініями паралельними основі рівні сотим долям. За поперечним масштабом можна визначати довжини ліній на плані (карті) з точністю 0.1 мм.

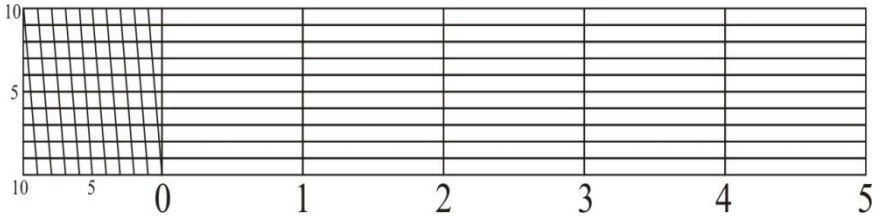


Рис. 3.14. Поперечний масштаб

Для того, щоб нанести точку за її прямокутними координатами, необхідно знайти квадрат, в якому знаходиться точка, виділити її початкові координати x_0 , y_0 (ці значення мають бути кратними величини, через яку проведені лінії кілометрової сітки), а також прирости Δx та Δy . Визначивши Δx та Δy у відрізках масштабу плану, наносять їх на координатну сітку і одержують шукану точку. Приклад нанесення точки за прямокутними координатами наведено у додатку 4.

Пікетні точки тахеометричного знімання наносять користуючись транспортиром і лінійкою поперечного масштабу в полярній системі координат. При цьому суміщають нуль транспортира з центром станції, а початковий нуль у градусах з орієнтирним напрямком (магнітним меридіаном або напрямком на точку орієнтування). Відкладають за транспортиром значення горизонтального кута на рейкову точку β . За отриманим напрямком відкладають у масштабі плану відстань до пікетної точки d та проколюють голкою цю точку (рис. 3.15). Праворуч від точки підписують у вигляді дроби її номер та висоту з точністю до сотих долей метра. Після побудови пікетних точок наносять границі угідь, відповідні споруди та інші зображення згідно з абрисом.

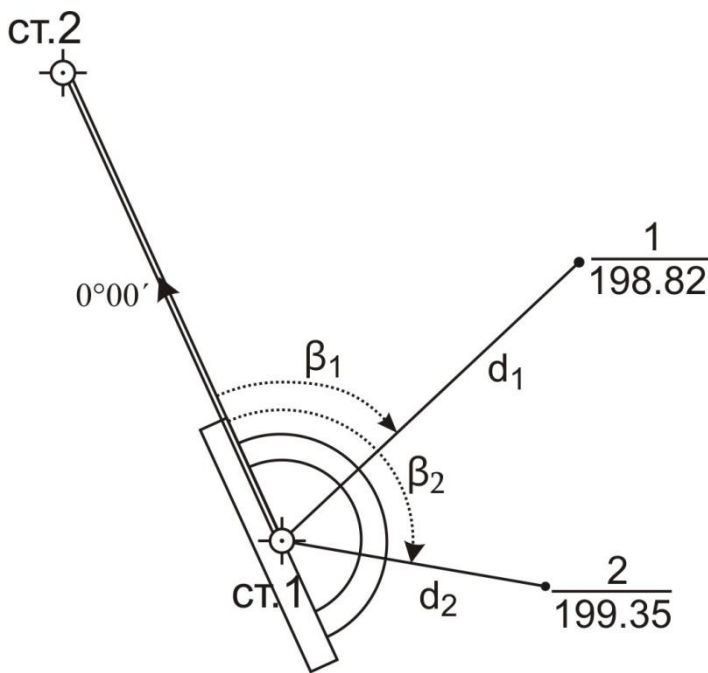


Рис. 3.15. Нанесення пікетних точок на план

Рельєф місцевості показують горизонталями, графічним інтерполюванням між висотами пікетних точок за допомогою прозорої палетки. **Інтерполювання** – це визначення проміжних значень висот між початковою та кінцевою точками з відомою висотою. Таким чином під час інтерполяції знаходять точки з відомими значеннями висот, за якими потім і проводять горизонталі. Інтерполяцію можна виконати *на око*, *аналітичним* та *графічним способами*. Розглянемо детальніше графічний спосіб інтерполювання.

Графічний спосіб (рис. 3.16) реалізується з використанням палетки. **Палетка** – лист прозорого паперу на якому проведені паралельні лінії з інтервалом 5-10 мм між ними. На кожній лінії палетки підписують значення висоти горизонталі, обов'язково кратне висоті перерізу рельєфу. Накладають палетку на лінію, за якою виконується інтерполювання, і задають їй такий поворот, щоб точки з відомими висотами розташовувались між паралельними лініями відповідно до значень своїх висот (на рис. 3.16 – точки 1 і 2).

Переколюють на план точки перетину ліній палетки з лінією інтерполювання та підписують олівцем їх висоти. Аналогічні операції виконують за іншими лініями. Точки з однаковими висотами з'єднують плавними кривими і отримують горизонталі.

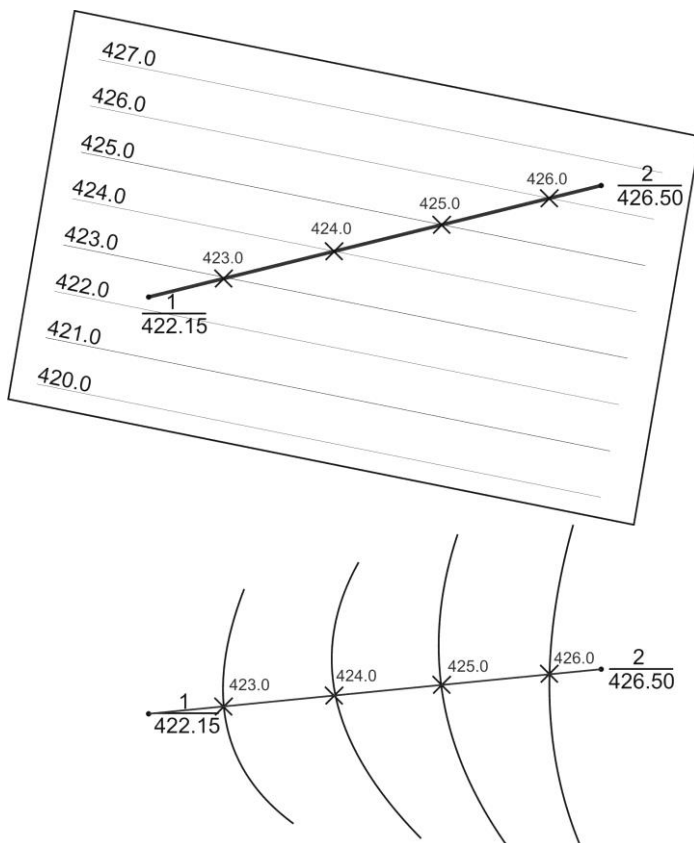


Рис. 3.16. Графічне інтерполювання за допомогою палетки

Переріз рельєфу приймають рівним 0.5 м. Суцільні горизонталі проводять товщиною 0.12...0.15 мм, а потовщені – 0.20...0.25 мм. Потовщені горизонталі (для заданого перерізу 0.5 м потовщеними будуть горизонталі, висота яких кратна 2.5 м) підписують, верх надписів горизонталей повинен бути повернутий у бік їх зростання.

Викреслений олівцем план співставляють з місцевістю. Після перевірки план викреслюють в туші відповідно з умовними знаками

(Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001). У місцях скупчення пікетних точок їх підписи в туші не обводяться, щоб не заважати читанню ситуації. Однак, при редагуванні – обов'язково залишаємо крайні пікети. У туші підписуємо лише висоти пікетів, без їх номерів. Вимоги до оформлення найуживаніших умовних знаків наведено у додатку 6.

Крім того виконують позарамкове оформлення згідно з вимогами умовних знаків:

- ліворуч зверху над рамкою зазначається система координат та місце розташування ділянки знімання;
- за центром зверху над рамкою вказується міністерство та населений пункт відображений на плані;
- праворуч зверху над рамкою підписується гриф плану, наприклад, для службового користування, навчальний тощо;
- ліворуч знизу під рамкою зазначається виконавець знімання;
- за центром знизу під рамкою вказуються числовий та словесний масштаби, переріз рельєфу та система висот;
- праворуч знизу під рамкою підписується метод та рік виконання знімання.

Приклад оформлення плану тахеометричного знімання місцевості наведено у додатку 3.

3.2.5. Проектування на основі складеного топографічного плану червоної лінії забудови і будівлі

На складеному топографічному плані проектують планове положення червоної лінії забудови і будівлі. Проектування виконують за принципом від загального до часткового. Спочатку вибирають положення червоної лінії забудови, тобто лінії, що обмежує забудовну частину території від транспортної, далі визначають положення окремих будівель. Одночасно з проектуванням виконують геодезичну підготовку проекту для винесення його в натуру, тобто складають розмічувальне креслення, на якому вказують положення запроєктованої будівлі відносно пунктів геодезичної основи або інших опорних точок місцевості. На розмічувальному кресленні вказують спосіб прив'язки запроєктованої будівлі з опорними точками місцевості. З креслення

повинно бути видно яким способом буде виконуватись винесення в натуру кожної точки будівлі. Стадію проектування завершує етап підготовки геодезичних даних для розмічування, тих кутів і лінійних величин, що визначають положення будівлі відносно точок теодолітного ходу.

Послідовність виконання робіт з підготовки даних для розмічування, наступна:

- визначають прямокутні координати положення кінців червоної лінії;

- відносно червоної лінії визначають положення окремих кутів будівлі.

Розмічувальні елементи для червоної лінії забудови знаходять графоаналітичним способом. Для цього, використовуючи координати кінців червоної лінії (знайдені графічно з топоплану) і координати суміжних з ними точок теодолітного ходу (знайдені в результаті обчислень), вирішують обернену геодезичну задачу.

Суть оберненої геодезичної задачі полягає в тому, щоб за наведеними координатами кінцевих точок 1 (x_1, y_1) та 2 (x_2, y_2) лінії 1-2 визначити її дирекційний кут α_{12} та горизонтальне прокладання d_{12} .

1 варіант. Знаходять тангенс дирекційного кута

$$\operatorname{tg}\alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (3.61)$$

Для визначення дирекційного кута α_{12} використовують функцію арктангенса. При цьому необхідно врахувати, що комп'ютерні програми та калькулятори видають головне значення арктангенса (так званий табличний кут або румб):

$$r_{12} = \alpha_{12} = \operatorname{arctg} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (3.62)$$

Значення румба r лежать в діапазоні $-90^\circ < r < 90^\circ$, тоді як дирекційний кут α може мати значення в діапазоні $0^\circ < \alpha < 360^\circ$. За знаками приростів координат визначають в якій координатній чверті знаходиться дирекційний кут, а далі користуючись формулами приведення, знаходять значення дирекційного кута (таблиця 3.11).

Таблиця 3.11

Формули приведення дирекційного кута

	I чверть	II чверть	III чверть	IV чверть
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-
Формули	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = r + 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ - r$

Горизонтальне прокладання відрізка прямої обчислюють за формулою:

$$d_{12} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{12}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{12}}. \quad (3.63)$$

2 варіант. Знаходять довжину відрізка як корінь квадратний із суми квадратів приростів координат (теорема Піфагора)

$$d_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (3.64)$$

Значення дирекційного кута (румба):

$$\alpha_{12} = \arccos \frac{x_2 - x_1}{d_{12}} = \arcsin \frac{y_2 - y_1}{d_{12}}, \quad (3.65)$$

де: α_{12} – дирекційний кут напрямку лінії, r_{12} – румб напрямку лінії, d_{12} – довжина лінії, x і y – координати кінців лінії 1-2.

Приклад розмічувального креслення червоної лінії забудови і будівлі наведено на рисунку 3.17, а обчислення розмічувальних елементів – у табл. 3.12-3.13.

Задано: $X_3 = + 61.19$ м; $X_4 = - 13.00$ м; $d_1 = 48.00$ м; $d_2 = 12.00$ м;

$Y_3 = + 95.33$ м; $Y_4 = + 48.44$ м; $d_3 = 49.48$ м; $d_4 = 5.00$ м.

Визначено графічно за планом:

$X_A = - 18.00$ м; $X_B = + 92.70$ м; $d_5 = 45.00$ м;

$Y_A = - 8.40$ м; $Y_B = + 96.60$ м; $d_6 = 59.60$ м.

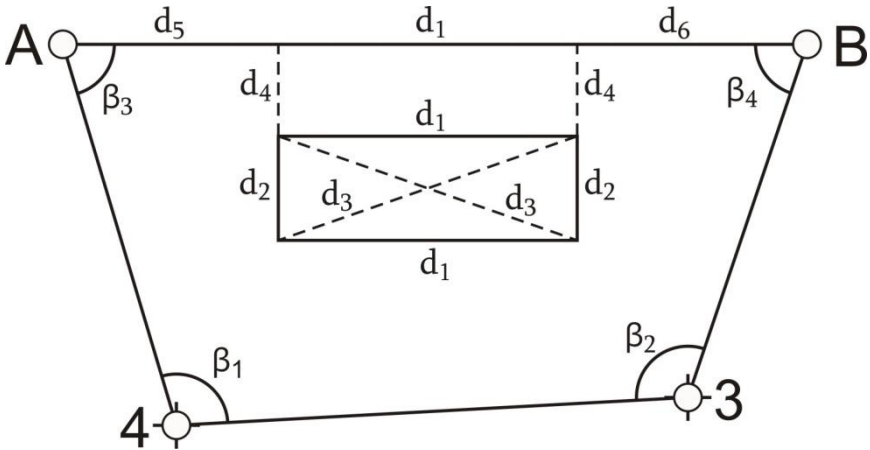


Рис. 3.17. Розмічувальне креслення червоної лінії забудови і будівлі

Таблиця 3.12

Відомість обчислення дирекційних кутів і довжин ліній

Елементи формул	Лінії			
	4-A	3-B	A-B	3-4
Y_2	-8.40	+96.60	+96.60	+48.44
Y_1	+48.44	+95.33	-8.40	+95.33
$Y_2 - Y_1$	-56.84	+1.27	+105.00	-46.89
X_2	-18.00	+92.70	+92.70	-13.00
X_1	-13.00	+61.19	-18.00	+61.19
$X_2 - X_1$	-5.00	+31.51	+110.70	-74.19
$tg\alpha = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1)$	11.36800	0.04030	0.94851	0.63203
r	84°58'22"	2°18'28"	43°29'11"	32°17'39"
α	264°58'22"	2°18'28"	43°29'11"	212°17'39"
$sina$	0.99615	0.04027	0.68818	-0.53427
$cosa$	0.08763	0.99919	0.72554	-0.84532
$d = (Y_2 - Y_1) / sina$	57.06	31.54	152.58	87.76
$d' = (X_2 - X_1) / cosa$	57.06	31.54	152.58	87.77
$d'' = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	57.06	31.54	152.58	87.77
$d_{cep.} = (d + d' + d'') / 3$	57.06	31.54	152.58	87.77
Контроль	$d_5 + d_1 + d_6 = 155.60 \approx d_{AB}$			

Таблиця 3.13

Відомість обчислення проектних кутів

Напрямок	Дирекційний кут	Проектний кут	Позначення
<i>4 - 3</i>	<i>32°17'39"</i>	<i>127°19'17"</i>	β_1
<i>4 - A</i>	<i>264°58'22"</i>		
<i>3 - B</i>	<i>2°18'28"</i>	<i>150°00'49"</i>	β_2
<i>3 - 4</i>	<i>212°17'39"</i>		
<i>A - 4</i>	<i>84°58'22"</i>	<i>41°29'11"</i>	β_3
<i>A - B</i>	<i>43°29'11"</i>		
<i>B - A</i>	<i>223°29'11"</i>	<i>41°10'43"</i>	β_4
<i>B - 3</i>	<i>182°18'28"</i>		
Контроль	$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 360°00'00"$		

4. ЗВІТ З ПРАКТИКИ

Всі матеріали практики оформляють у вигляді бригадного технічного звіту, який містить:

- пояснювальну записку;
- щоденник роботи бригади на практиці;
- польові журнали та абриси, обчислювані та графічні документи за всіма виконаними видами робіт.

4.1. Пояснювальна записка

У пояснювальній записці наводяться основні відомості з проведених бригадою робіт, а також результати робіт. На початку записки вказують склад бригади, бригадира, керівника практики, місце та час її проведення, а також перелічують зміст та обсяг виконаних робіт. Далі за окремим видом робіт необхідно:

- дати загальну характеристику основних завдань роботи;
- навести відомості про вимірювальні прилади (марка, номер), результати виконання перевірок і компарування;
- коротко описати фізико-географічні умови району робіт, зовнішні умови виконання вимірювань та їх методикау;
- дати характеристику якості отриманих результатів у порівнянні фактичних нев'язок з граничними допустимими;
- обґрунтувати відхилення від загально прийнятих прийомів і правил виконання робіт.

Крім цього у пояснюючій записці слід вказати з якою метою були використані отримані результати знімачь, дати загальне заключення про проходження практики, а також викласти свої зауваження і пропозиції з удосконалення її організації, обсягу та змісту окремих видів робіт.

4.2. Графічне оформлення матеріалів практики

Всі обчислювальні і графічні метеріали, складені плани технічного звіту, повинні бути оформлені у відповідності до вимог діючих норм і інструкцій. Оформлення планів виконують лише після ретельної перевірки всіх побудов в олівці. До оформлення входить відмивка, викреслювання контурів і предметів місцевості, а також

виконання необхідних надписів. Відмивку і викреслювання плану виконують такими кольорами: чорним – контури, ситуацію, пункти геодезичної основи, надписи; зеленим – контури гідрографії, болота, координатну сітку; голубим – відмивка об'єктів водного характеру; рожевим – проїзді частини вулиць, асфальтовані, мощені ділянки (площі, тротуари, пішохідні доріжки); коричневим – рельєф (горизонталі та їх надписи), ґрунти. Оформлення розпочинають з відмивки, далі (після просихання) викреслюють споруди, надписи, межі (викреслювання ситуації виконують строго у відповідності з «Умовними знаками для топографічних планів та карт масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500»). Попередньо умовні знаки викреслюють олівцем. План викреслюють тонкими лініями товщиною 0,15 мм, всі підписи виконують відповідним шрифтом встановленого розміру. Після викреслення ситуації в туші, зайві допоміжні лінії витирають і на плані, який складений за результатами знімання, повинні залишитися: точки теодолітного ходу та їх номери, перетини ліній координатної сітки, розміром 6х6 мм, ситуація, зображена умовними знаками. Останнім етапом оформлення топографічного плану є викреслювання горизонталей в туші (згідно умовних знаків). Для полегшення читання рельєфу, кожену 5-ту горизонталь (кратну 2,5 метрам) потовщують і підписують. Підписи розміщують у розривах горизонталей, цифри підписують основою в бік зниження схилу. У випадку, коли горизонталі попадають на наведені на плані числа, слова чи будівлі, їх обривають. На всіх інших документах зверху наводять їх назву, знизу праворуч – номер бригади, прізвища виконавців та дату. Всі документи звіту складають в одному екземплярі, нумерують у відповідності до фактичного виконання робіт і підшивають в окрему папку з титульною сторінкою (додаток 5).

4.3. Перелік документів звіту з практики:

До складу змісту практики повинні входити наступні матеріали:

- опис документів і матеріалів практики;
- довідка про здачу на склад геодезичних приладів;
- пояснювальна записка;
- щоденник роботи бригади на практиці;
- таблиць виходу на роботу всіх членів бригади;

- акти перевірок приладів:
 - акт компарування мірної стрічки
 - акт перевірок теодоліта 2Т30:
 - перевірка осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга (перевірка циліндричного рівня);
 - перевірка сітки ниток;
 - визначення колімаційної похибки;
 - перевірка перпендикулярності осі обертання зорової труби до вертикальної осі обертання;
 - визначення місця нуля;
 - акт перевірок нівеліра Н-3:
 - перевірка круглого рівня;
 - перевірка сітки ниток;
 - перевірка головної геометричної умови;
- звіт з тахеометричного знімання:
 - схема теодолітного ходу;
 - журнал вимірювання довжин ліній;
 - журнал вимірювання горизонтальних кутів;
 - журнал вимірювання вертикальних кутів;
 - журнал та схема вимірювання дирекційного кута;
 - журнал технічного нівелювання;
 - відомість обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу;
 - журнал тахеометричного знімання;
 - абрис тахеометричного знімання;
 - топографічний план ділянки місцевості і проект розміщення на ньому червоної лінії забудови і споруди;
 - відомість обчислення розмічувальних елементів червоної лінії;
 - розмічувальне креслення червоної лінії забудови і будівлі;
- схема визначення висоти споруди;
- відомості вимірювання вертикальних кутів та відстані до споруди, висота якої визначається;

ДОДАТКИ

Додаток 1. Основні вимоги до техніки безпеки і охорони праці в умовах геодезичної практики

1. Перед початком робіт необхідно ретельно оглянути місце роботи (ділянку), геодезичні прилади та приладдя до них. Ящики для геодезичних інструментів повинні мати міцно закріплені ручки і ремені, рейки – справні гвинти кріплення. Сокира повинна бути щільно насадженою на міцне топористе і добре розклиненою.

2. Під час роботи рейки, вішки, сокира, шпильки та інші приладдя до приладів необхідно передавати з рук в руки, а не кидати; перенесення вішок і штативів дозволяється лише у положенні гострими кінцями вперед.

3. При виконанні робіт необхідно знати і дотримуватись правил дорожнього руху.

4. При закріпленні вершин теодолітного ходу та інших точок, кілочки, штирі чи цвяхи необхідно забивати в рівень з землею, при цьому при забиванні не можна знаходитись в площині руху сокири.

5. Заборонено для роботи вибирати станції і розміщувати їх на проїзджій частині доріг і вулиць; при роботі біля каналізаційних і водопровідних колодців, їх люки повинні бути закритими.

6. З метою протипожежної безпеки і охорони навколишнього середовища заборонено розпалювати багаття, псувати городи, зелені насадження, засмічувати місцевість.

7. Необхідно дотримуватись мір захисту від електротравматизму. Заборонено піднімати рейки, віхи та інші предмети до проводів ліній електропередач ближче ніж на 2 метри. Не дозволяється підходити до електроустаткування і оголених чи обірваних електричних проводів. У випадку обриву проводів необхідно повідомити про це відповідним організаціям, виставити охорону біля місця обриву.

8. Перед наближенням грози роботи слід припинити і перейти до закритого приміщення. Під час грози не дозволяється знаходитись під деревами і притулятись до стволів дерев, бути поруч високих предметів (стовбів, окремо стоячих дерев) і на височинах.

9. Поновляти роботу в полі можна лише після повного припинення дощу. Неможна продовжувати роботу в мокрому одязі.

10. Одяг та взуття повинні бути легкими і зручними, щоб під час роботи не обмежували рухів. Щоб уникнути сонячного удару в сонячні дні, неможна працювати роздягненими з ненакритою головою. Крім того, в найбільш спекотні години дня потрібно переривати роботу і переносити її на ранкові чи вечірні години.

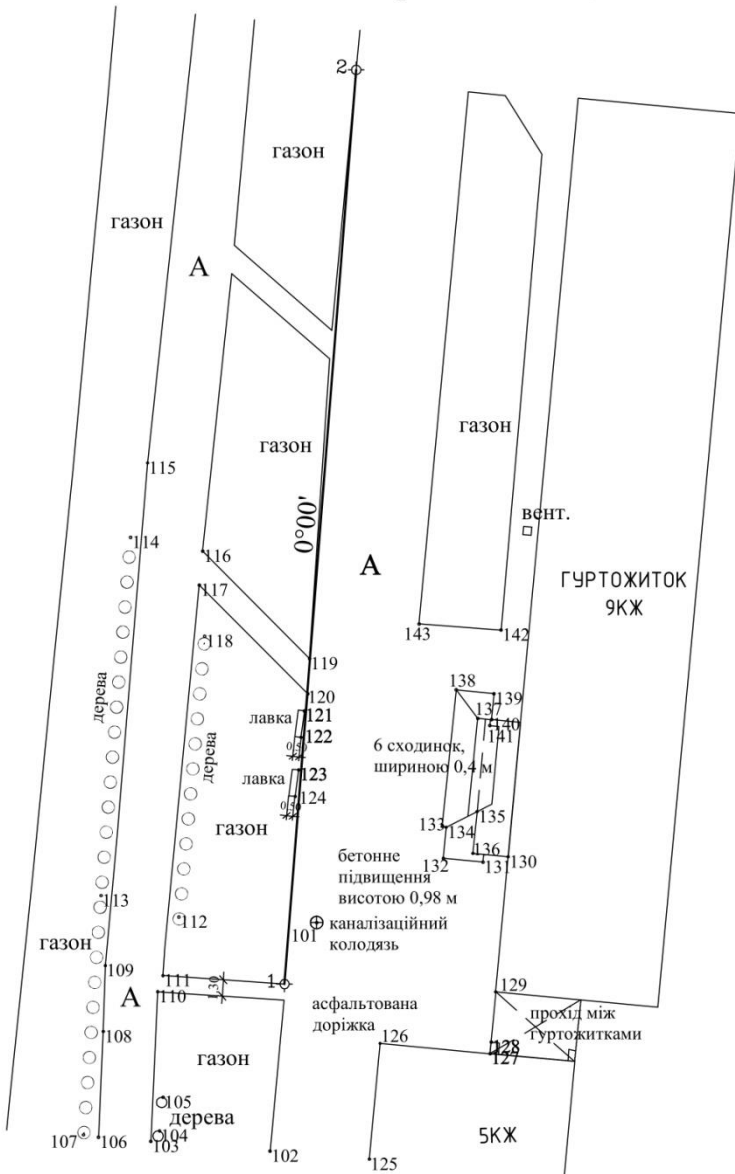
11. Не дозволяється пити холодну воду, перебуваючи у спітнілому стані, неприпустимо при цьому лягати на холодну землю чи траву.

12. Заборонено пити воду з різних джерел, вживати брудні, немиті овочі і фрукти. Потрібно привчати себе пити воду чи чай лише під час або після сніданку, обіду і вечері, а потім не пити до наступного приймання їжі.

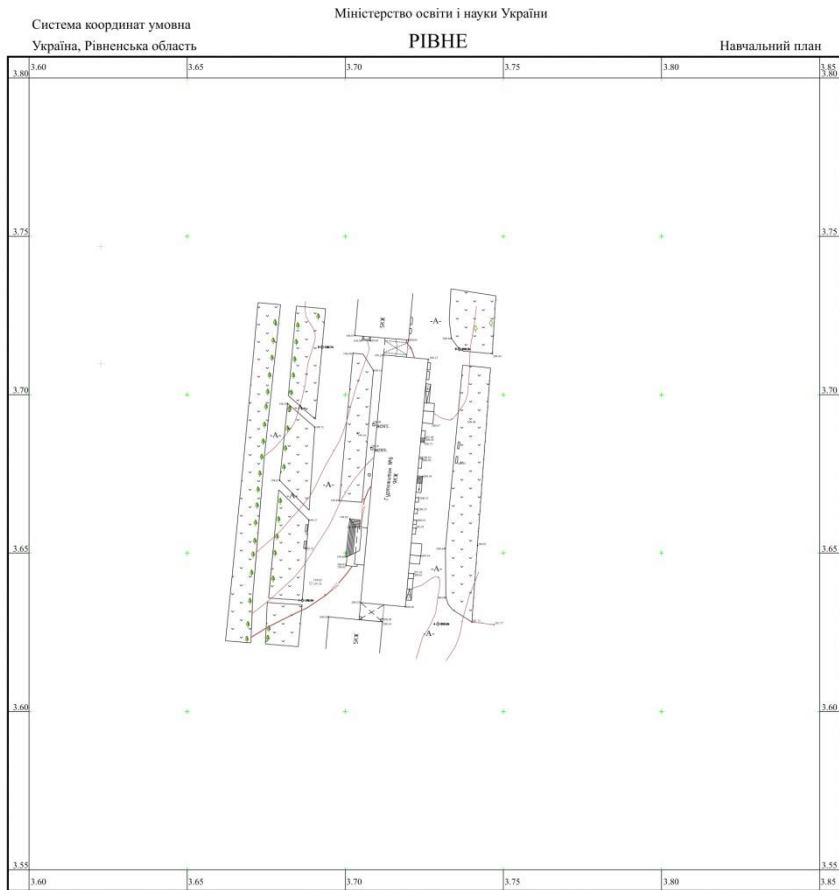
13. Кожна бригада повинна мати йод, бинт. При нещасному випадку потерпілим слід надати першу медичну допомогу, при необхідності – негайно відправити його в медичний заклад.

14. Приносити і розпивати спиртні папої, приймати наркотичні препарати під час проходження практики категорично забороняється, студенти, помічені в їх вживанні негайно відсторонюються від виконання робіт і припиняють проходження практики.

Додаток 2. Зразок абрису тахеометричного знімання
 Абрис на станції 1



Додаток 3. Зразок оформлення топографічного плану



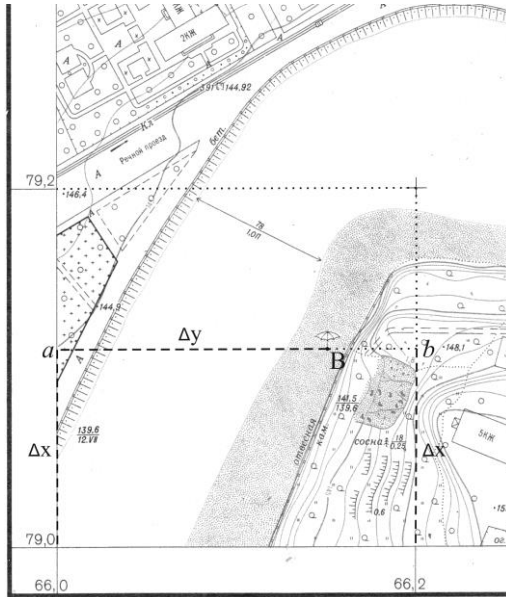
Виконала бригада у складі:
Іванюк А.В., Петрук О.Б.,
Сидорук П.М.

1:500
В 1 сантиметрі 5 метрів
Суцільні горизонталі проведені через 0,5 м
Система висот умовна

Тахеометричне знімання, 2013

Додаток 4. Нанесення точки на план за прямокутними координатами

Необхідно нанести на план масштабу 1:2000 т. B з відомими прямокутними координатами: $x_B = 79110.62$ м та $y_B = 66150.88$ м.



У масштабі 1:2000 лінії кілометрової сітки проведені через 200 м. Шукаємо координату x_0^B південно-західної вершини квадрату, в якому знаходиться точка B . Вона має бути кратною 200 м і меншою від x_B . Отже в нашому випадку $x_0^B = 79000$ м, аналогічно визначаємо $y_0^B = 66000$ м. Далі знаходимо величини Δx та Δy за формулами:

$$\Delta x = x_B - x_0^B;$$

$$\Delta y = y_B - y_0^B.$$

У нашому прикладі $\Delta x = 110.62$ м і $\Delta y = 150.88$ м. Після чого перетворюємо величини Δx та Δy у відрізки, які відповідають масштабу плану за формулою:

$$l_{AB} = \frac{L_{AB}}{2 \times M},$$

де l_{AB} – віддаль між точками AB на карті, в основах лінійки поперечного масштабу; L_{AB} – відстань між точками AB на місцевості, в метрах; M – знаменник масштабу, в метрах; 2 – кількість сантиметрів в одній основі лінійки поперечного масштабу.

Тоді, величини Δx та Δy в основах лінійки поперечного масштабу становитимуть:

$$\Delta x = 110.62 / (2 \times 20) = 2.77 \text{ осн.}, \quad \Delta y = 150.88 / (2 \times 20) = 3.77 \text{ осн.}$$

Виставляємо за допомогою лінійки поперечного масштабу розхил вимірника на відлік $\Delta x = 2.77$ осн і відкладаємо цю величину по вертикалі вздовж лівого і правого боків квадрату в якому знаходиться потрібна точка. В результаті отримуємо точки „ a ” та „ b ” (рис., сполучаємо їх лінією і в цьому напрямку від точки „ a ” відкладаємо $\Delta y = 3.77$ осн. Отримана точка і буде точкою B з координатами $x_B = 79110.62$ м, $y_B = 66150.88$ м.

Додаток 5. Зразок оформлення титульного аркушу

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра геодезії та картографії

З В І Т

з навчальної геодезичної практики

з дисципліни

«Основи геодезії»

Бригада №
у складі

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Керівник практики _____

Рівне 2022

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАЛІКУ З ПРАКТИКИ

1. Як перевіряють мірну рулетку?
2. Як виконують перевірки нівеліра?
3. Як виконують перевірки теодоліта?
4. Як привести нівелір в робочий стан?
5. Як привести теодоліт в робочий стан?
6. Назвіть основні частини теодоліта.
7. Визначте колімаційну похибку теодоліта.
8. Визначте місце нуля вертикального круга.
9. Як виміряти горизонтальний кут способом прийомів?
10. Як виміряти вертикальний кут?
11. Назвіть основні види нівелювання.
12. З яких основних частин складається нівелір?
13. Яка послідовність роботи на станції при визначенні перевищень?
14. Як визначити перевищення способами з середини і вперед?
15. Послідовність виконання робіт при прокладанні теодолітних ходів.
16. Як визначають кутову нев'язку і її граничне значення в теодолітному ході?
17. Яка послідовність урівнювання кутів в теодолітному ході?
18. Яка послідовність обчислення та контролю дирекційних кутів сторін теодолітного ходу?
19. Як обчислюють прирости координат точок теодолітного ходу?
20. Як обчислюють нев'язку у приростах координат теодолітного ходу?
21. Як урівнюють прирости координат точок теодолітного ходу?
22. Яка послідовність обчислень координат вершин теодолітного ходу та контролю за обчисленням?
23. Склад польових робіт і прилади, що використовуються при тахеометричному зніманні.
24. Послідовність обробки журналу тахеометричного знімання.
25. Послідовність та склад камеральних робіт при обробці результатів тахеометричного знімання.
26. Як побудувати сітку квадратів і нанести за координатами вершин полігону?

27. Як за матеріалами абрисів наносять пікетні точки і ситуацію на план?
28. Як виконують інтерполювання горизонталей і складають топографічний план?
29. Яка послідовність роботи при технічному нівелюванні?
30. Склад та послідовність обробки журналу технічного нівелювання.
31. Як переносять в натуру проектний горизонтальний кут?
32. Як переносять в натуру проектну висоту?
33. Як будують на місцевості лінію заданого ухилу?
34. Як визначають висоту будівлі та споруди?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геодезія : навч. посібник / С. В. Романчук, В. П. Кирилюк, М. В. Шемякін ; Уманський держ. аграрний ун-т. К. : Центр учбової літератури, 2008. 296 с.
2. Інженерна геодезія : підручник / 2-ге вид., виправ. і доп.; Войтенко С.П. К., 2012. 574 с.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) / Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при КМУ № 56 від 09.04.98.
4. Кузьмін В. І., Білятинський О. А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві : навчальний посібник. Київ, 2006. 278 с.
5. Геодезія, частина II : підручник / Островський А. Л. та ін. Львів, 2007. 508 с.
6. Мороз О. І., Тревого І. С., Шевченко Т. Г. Геодезичні прилади. Львів, 2005.
7. Остапчук С. М., Романчук С. В. Камеральні геодезичні роботи : навч. посібник. Рівне : УІПВГ, 1984. 126 с.
8. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 337 с.
9. Панчук Ю. М., Янчук О. Є. Лабораторний практикум з інженерної геодезії : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 134 с.
10. Панчук Ю. М., Янчук О. Є., Шульган Р. Б. Навчальна геодезична практика : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2021. 175 с.
11. Панчук Ю. М., Янчук О. Є., Шульган Р. Б. Навчальна геодезична практика : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2014. 133 с.
12. Ратушняк Г. С. Інженерна геодезія: Практикум : навчальний посібник. К. : Вища школа, 1992. 262 с.
13. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.