

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ГЕОДЕЗІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 193 – «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»
ЧАСТИНА I

КРЕМЕНЧУК 2020

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр».

Частина I

Укладачі: д. т. н., проф. В. В. Артамонов,
к. т. н., доц. П. Б. Міхно,
старш. викл. М. Г. Василенко

Рецензент к. т. н., доц. І. М. Шелковська

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Перелік практичних робіт.....	6
Практична робота № 1 Визначення кутів орієнтування.....	6
Практична робота № 2 Розв'язування задач на топографічних планах і картах.....	10
Практична робота № 3 Визначення похибок вимірювання кута технічним теодолітом.....	19
Практична робота № 4 Визначення похибок вимірювання довжини лінії рулеткою.....	21
Практична робота № 5 Визначення похибок технічного нівелювання....	24
Практична робота № 6 Розв'язування прямої та оберненої геодезичних задач.....	26
Практична робота № 7 Обчислення координат точок, визначених прямою та оберненою засічками.....	30
Практична робота № 8 Зрівнювання теодолітного ходу.....	34
Практична робота № 9 Камеральна обробка журналу технічного нівелювання.....	40
Практична робота № 10 Камеральна обробка журналу тахеометричного знімання.....	43
Список літератури.....	47
Додаток А Критерії оцінювання знань студентів.....	48

ВСТУП

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт розроблені відповідно до робочої навчальної програми з навчальної дисципліни «Геодезія» і визначають методику та порядок їх виконання. Навчальна дисципліна «Геодезія» логічно пов'язана із такими дисциплінами, як «Вища геодезія», «Вища математика», «Вступ до спеціальності», «Галузева комп'ютерна графіка та основи ГІС», «Геодезичне забезпечення землевпорядних робіт», «Геодезичні прилади», «Інженерна геодезія та основи маркшейдерії», «Картографія», «Математична обробка геодезичних вимірів та основи метрології і стандартизації», «Організація і управління геодезичним виробництвом», «Супутникова геодезія», «Фізика», «Фотограмметрія та дистанційне зондування».

Виконання практичних робіт має на меті закріплення теоретичного матеріалу та одержання практичних навичок щодо визначення кутів орієнтування ліній місцевості, розв'язування різних прикладних задач на топографічних планах і картах, визначення похибок польових вимірювань приладами малої точності, розв'язування основних геодезичних задач та засічок, камеральної обробки горизонтального та тахеометричного знімання, а також технічного нівелювання.

У результаті виконання практичних робіт з навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- способи обробки результатів топографо-геодезичних вимірювань;

уміти:

- показувати знання і розуміння основних теорій, методів, принципів, технологій і методик у галузі геодезії та землеустрою;
- визначати номенклатуру карт та планів, географічні, прямокутні координати та позначки точок, довжини та стрімкість схилу ліній;
- застосовувати знання в практичних ситуаціях;

- працювати як самостійно, так і в команді;
- складати та оформляти топографічні плани місцевості;
- визначати орієнтирні кути ліній місцевості;
- виконувати обробку результатів кутових, лінійних та висотних вимірювань;
- розв’язувати пряму та зворотню геодезичні задачі, виконувати математичну обробку теодолітних ходів.

Отримані навички студенти можуть застосовувати в майбутній професійній діяльності у галузі геодезії та землеустрою.

Практичні роботи виконуються після опрацювання рекомендованої літератури та відповідного лекційного матеріалу. Кожен студент отримує електронну версію методичних вказівок і виконує один варіант завдання. Результати виконання кожної роботи студенти відображають і оформляють у звіті на аркушах форматом А4. У звіті наводять мету, завдання, вихідні дані, формули, необхідні схеми та креслення, результати розрахунків і висновки. Оцінку кожної практичної роботи визначає викладач за якістю розрахунків, графічних побудов, відповідей на контрольні питання.

Критерії оцінювання практичних робіт наведено в додатку А.

Розподіл балів, що отримують студенти за результатами вивчення навчальної дисципліни «Геодезія», наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Розподіл балів за видами робіт

Вид занять	Сума
Лекції	10
Практичні роботи	10
Лабораторні роботи	10
Поточний контроль:	
– модульна контрольна робота № 1;	10
– модульна контрольна робота № 2;	10
– розрахунково-графічна робота № 1	30
Іспит	20
Усього:	100

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота № 1

Тема. Визначення кутів орієнтування

Мета: засвоїти порядок визначення кутів орієнтування ліній на місцевості та топографічній карті.

Прилади й обладнання: геодезичний транспортир, навчальна топографічна карта.

Короткі теоретичні відомості

Орієнтувати лінію місцевості означає визначити напрямок цієї лінії відносно відомих напрямків, які беруть за вихідні (істинного (географічного), осьового або магнітного меридіанів).

Залежно від вихідних напрямків, орієнтирними кутами є географічний (істинний) азимут, магнітний азимут, дирекційний кут. Часто для орієнтування ліній також використовують румби.

Завдання до теми

Завдання 1.1 Використовуючи формули зв'язку між орієнтирними кутами (1.1), (1.2), обчислити дирекційний кут лінії CD (α_{CD}), якщо відомий вимірний бусоллю магнітний азимут цієї лінії Am_{CD} , схилення магнітної стрілки δ та зближення меридіанів γ . Літера у дужках (c або z) означає відповідно східне чи західне зближення меридіанів або схилення магнітної стрілки. Скласти Схему орієнтирних кутів лінії CD . Зазначені *вихідні дані* викладач задає індивідуально для кожного студента.

Для визначення кутів орієнтування використовують формули взаємного зв'язку дирекційного кута, географічного та магнітного азимутів:

$$A_{Г AB} = \alpha_{AB} + \gamma; \quad (1.1)$$

$$A_{Г AB} = Am_{AB} + \delta. \quad (1.2)$$

Тоді дирекційний кут лінії AB обчислюють за формулою:

$$\alpha_{AB} = (Am_{AB} + \delta) - \gamma. \quad (1.3)$$

У формулах (1.1), (1.2) і (1.3) східним зближенню меридіанів γ і схиленню магнітної стрілки δ приписують знак «плюс», а західним γ і δ – «мінус».

Для контролю обчислень за формулами (1.1–1.3) складають схематичний рисунок.

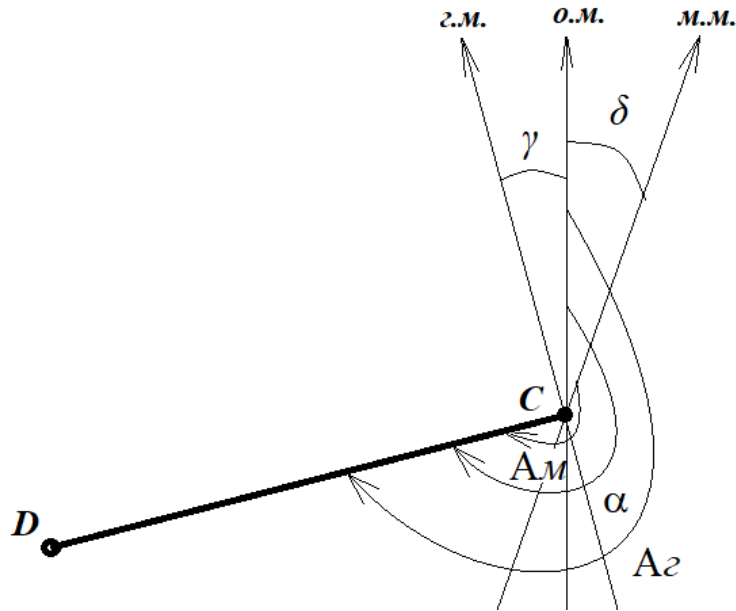


Рисунок 1.1 – Приклад Схеми орієнтирних кутів лінії CD

Схему (приклад на рис. 1.1) складають від руки. На ній показують лінію CD ; магнітний (м.), географічний (г.) та осьовий (ос.) меридіани, які проходять через точку C ; позначають північні напрямки меридіанів, схилення магнітної стрілки, зближення меридіанів, дирекційний кут (α_{CD}), магнітний ($\alpha_{мCD}$) і географічний ($\alpha_{гCD}$) азимути лінії CD .

Якщо схилення магнітної стрілки (δ) західне, то магнітний меридіан розташовують на північний захід від географічного азимуту. Якщо західне зближення меридіанів (γ), то осьовий меридіан зони (або лінію, йому паралельну) також спрямовують на північний захід від географічного меридіана. Ураховуючи значення магнітного азимуту, лінію CD розміщують у відповідній чверті: $0-90^\circ$ – першій; $90-180^\circ$ – другій; $180-270^\circ$ – третій; $270-360^\circ$ – четвертій.

Наприклад, якщо відомо: $\alpha_{мCD} = 237^\circ 30'$, $\delta = 5^\circ 48'$ (с), $\gamma = 2^\circ 19'$ (с), тоді дирекційний кут становить: $\alpha_{CD} = (237^\circ 30' + 5^\circ 48') - 2^\circ 19' = 240^\circ 59'$.

Приклад Схеми орієнтирних кутів лінії CD , складеної відповідно до наведених вихідних даних, відображено на рис. 1.1.

Завдання 1.2 Визначити румб r_{CD} і зворотний дирекційний кут α_{DC} лінії місцевості CD , якщо відомий прямий дирекційний кут цієї лінії α_{CD} . Скласти від руки схематичний рисунок (за прикладом рис. 1.2). На схематичному рисунку показати північні напрямки ліній, паралельних осьовому меридіану зони у точках C і D , прямий дирекційний кут α_{CD} , зворотний дирекційний кут α_{DC} та румб r_{CD} . *Вихідні дані:* дирекційний кут α_{CD} , обчислений за результатами виконання завдання 1.1.

Для визначення румба лінії використовують відомі формули залежності між румбами і дирекційними кутами (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Схема залежності між румбами і дирекційними кутами

№ пор.	№ чверті	Діапазон	Напрямок	Формула зв'язку
1	I	$0^\circ - 90^\circ$	ПнСх	$r = \alpha.$
2	II	$90^\circ - 180^\circ$	ПдСх	$r = 180^\circ - \alpha.$
3	III	$180^\circ - 270^\circ$	ПдЗх	$r = \alpha - 180^\circ.$
4	IV	$270^\circ - 360^\circ$	ПнЗх	$r = 360^\circ - \alpha.$

Перед обчисленням значенням румба зазначають напрямок лінії ($ПнСх$, $ПнЗх$, $ПдСх$ або $ПдЗх$) залежно від чверті, у якій знаходиться лінія CD .

Зворотний дирекційний кут α_{DC} відрізняється від прямого (α_{CD}) на 180° .

Контроль обчислень: значення дирекційного кута має бути додатним і знаходитись у межах від 0° до 360° , значення румба – додатне значення від 0° до 90° .

Наприклад, заданий дирекційний кут $\alpha_{CD} = 275^\circ 17'$, тоді, урахувавши розташування лінії CD у четвертій чверті (табл. 1.1), зворотний дирекційний кут і румб лінії CD (рис. 1.2), які обчислюють за формулами:

$$\alpha_{DC} = \alpha_{CD} + 180^\circ \quad \text{та} \quad r_{CD} = 360^\circ - \alpha_{CD} \quad , \quad \text{дорівнюють:}$$

$$\alpha_{DC} = 275^\circ 17' - 180^\circ = 95^\circ 17' \quad \text{та} \quad r_{CD} = 360^\circ - 275^\circ 17' = 84^\circ 43' \text{ ПнЗх.}$$

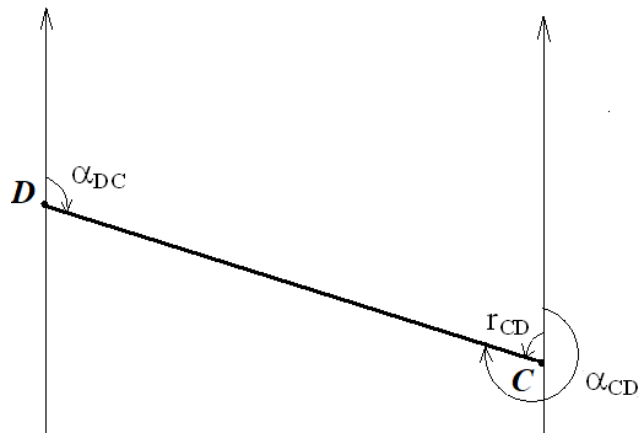


Рисунок 1.2 – Приклад взаємозв'язку прямого дирекційного кута лінії CD , її румба та зворотного дирекційного кута

Контрольні питання

1. Надайте визначення дирекційного кута лінії.
2. Надайте визначення зближення меридіанів (відповідь супроводити рисунком).
3. Надайте визначення географічного азимуту (відповідь супроводити рисунком).
4. Надайте визначення румба лінії (відповідь супроводити рисунком).
5. Надайте визначення схилення магнітної стрілки (відповідь супроводити рисунком).
6. Надайте визначення магнітного азимуту (відповідь супроводити рисунком).
7. Що означає східне чи західне схилення магнітної стрілки або зближення меридіанів?
8. Наведіть формули зв'язку між азимутами і дирекційними кутами.
9. Наведіть формули зв'язку між дирекційними кутами і румбами.
10. Накресліть схематичний рисунок зв'язку між дирекційними кутами і румбами.
11. Накресліть схему орієнтирних кутів лінії, довільно розташованої на площині.

Література: [1, с. 66–72; 3, с. 31–37; 4, с. 34–41; 8, с. 36–42].

Практична робота № 2

Тема. Розв'язання задач на топографічних планах і картах

Мета: засвоїти методику розв'язання прикладних задач на топографічних планах і картах для потреб землеустрою, земельного кадастру та будівництва.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор, циркуль-вимірювач, масштабна лінійка.

Короткі теоретичні відомості

На топографічних картах та планах можна розв'язувати такі прикладні *задачи*, як: визначення географічних координат точок; визначення плоских прямокутних координат точок; вимірювання довжин ліній; визначення номенклатури суміжних аркушів топографічних карт; визначення позначок точок; визначення стрімкості схилу; побудова повздовжнього профілю місцевості; визначення площ предметів місцевості та інші.

Завдання до теми

Завдання 2.1. Визначити географічну широту B_A та географічну довготу L_A точки A , позначеної викладачем на топографічній карті масштабу 1:25000. Жодна з точок A , визначених викладачем індивідуально для кожного студента, не співпадає з іншими.

Для визначення географічної широти B точки на карті (на прикладі точки C на рис. 2.1) через неї проводять пряму, що паралельна північній або південній стороні внутрішньої градусної рамки, і по шкалі західної або східної рамки (до якої ближче) відраховують (у цілих хвилинах і секундах) приріст широти ΔB . Додавши його до значення широти південної внутрішньої рамки карти, отримують широту цієї точки.

Аналогічно визначають довготу точки, провівши через цю точку лінію, паралельну до внутрішньої західної (чи східної) рамки карти так, щоб вона перетнула північну (чи південну) минутну рамку. Приріст довготи ΔL визначають на північній або південній стороні рамки карти. Одиниці секунд відраховують, оцінюючи на око частки десятисекундних поділок минутної рамки.

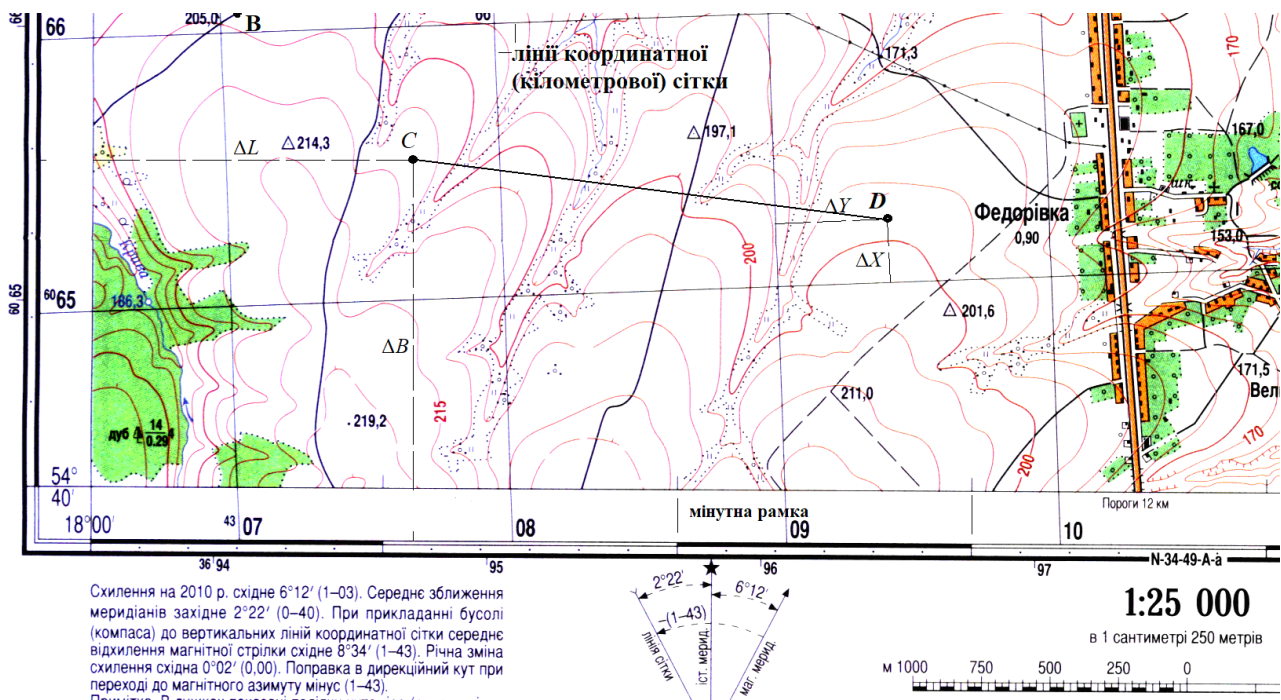


Рисунок 2.1 – Приклад визначення координат точок на топографічній карті

Наприклад, географічні координати точки C на карті (рис. 2.1) дорівнюють (коли виміряні прирости географічних координат становлять: $\Delta B = 0^\circ 00' 38''$, $\Delta L = 0^\circ 01' 07''$):

$$B_C = 54^\circ 40' + 00'38'' = 54^\circ 40'38'', \quad L_C = 18^\circ 00'00'' + 01'07'' = 18^\circ 01'07''.$$

Завдання 2.2 Визначити плоскі прямокутні координати X_B і Y_B точки B , позначеної викладачем на топографічній карті масштабу 1:25000, указати номер зони, у якій вона розташована, та відстань точки від осьового меридіана зони. Жодна з точок B , визначених викладачем індивідуально для кожного студента, не співпадає з іншими.

Прямокутні координати X і Y точки на топографічній карті в проекції Гаусса–Крюгера визначають інтерполяванням відносно ліній абсцис і ординат координатної (кілометрової) сітки. Для визначення на карті координат X і Y будь-якої точки необхідно до координат, знятих із рамки найближчих до цієї точки ліній кілометрової сітки, додати виміряні за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки прирости координат ΔX та ΔY (відстані по перпендикуляру до точки від найближчих молодших ліній квадрата сітки, у якому ця точка розташована), ураховуючи масштаб карти.

Перша цифра обчисленої ординати (координати Y) означає номер зони, в якій знаходиться задана точка. Для знаходження відстані точки від осьового меридіана зони від ординати потрібно відняти 500 км. Якщо отримана відстань буде мати від'ємне значення, це означає, що точка знаходиться на захід від осьового меридіана зони.

Наприклад, якщо виміряні на карті вимірювачем і масштабною лінійкою прирости прямокутних координат становлять: $\Delta X = 0,9$ см, $\Delta Y = 1,65$ см, то прямокутні координати точки D (рис. 2.1):

$$X_D = 6065000 + 50 = 6065050 \text{ м}, \quad Y_D = 4309000 + 412,5 = 4309412,5 \text{ м}.$$

Тоді номер зони – 4, а відстань від осьового меридіана:

$$Y - 500 \text{ км} = 309412,5 - 500000 = -190587,5 \text{ м}.$$

Завдання 2.3 Визначити горизонтальне прокладання позначеної викладачем лінії AB (d_{AB}) на топографічній карті, використовуючи чисельний масштаб цієї карти. *Вихідні дані:* точка A задана викладачем у завданні 2.1, точка B – у завданні 2.2.

Лінію на карті можна виміряти, використовуючи лінійний, поперечний або числовий масштаби топографічної карти.

За допомогою лінійного та поперечного масштабів лінію на карті вимірюють, установлюючи голки циркуля-вимірювача у точки, що позначають початок і кінець цієї лінії на карті. Далі, не змінюючи розхилу, вимірювач прикладають до лінійного або поперечного масштабу так, щоб права ніжка циркуля знаходилася на вертикальній лінії праворуч від нуля, а ліва ніжка – у межах основи, розміщеної ліворуч від нуля шкали відповідного масштабу. Відрахована за оцифрованою сіткою масштабу відстань буде дорівнювати горизонтальному прокладанню лінії.

За допомогою чисельного масштабу горизонтальне прокладання лінії d визначають за формулою:

$$d = lM, \quad (2.1)$$

де l – довжина лінії, виміряна на карті; M – знаменник чисельного масштабу карти.

Наприклад, якщо довжина лінії CD на карті $l_{CD} = 69,5$ мм (рис. 2.1), а $M = 25000$, то горизонтальне прокладання цієї лінії дорівнює:

$$d_{CD} = 69,5 \cdot 25000 = 1737500 \text{ мм} = 1737,5 \text{ м.}$$

Завдання 2.4 Визначити висоту перерізу рельєфу h і позначки (абсолютні висоти) заданих викладачем у завданнях 2.1 і 2.2 точок A (H_A) і B (H_B) на топографічній карті масштабу 1:25000.

Висоту перерізу рельєфу h на карті визначають на підставі значень позначок підписаних горизонталей (рис. 2.2).

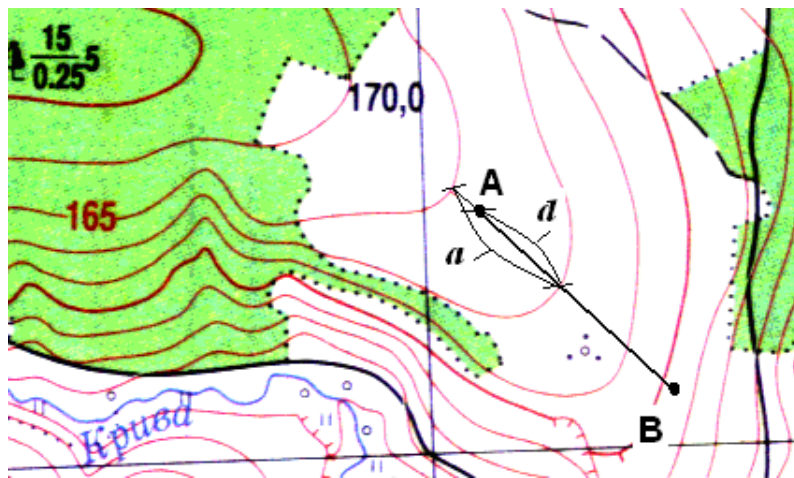


Рисунок 2.2 – Схема визначення позначки точки A

Позначку (абсолютну висоту) точки A обчислюють за формулою:

$$H_A = H_{НГ} + \Delta H_A, \quad (2.2)$$

де $H_{НГ}$ – висота найближчої до точки A молодшої горизонталі (рис. 2.2); ΔH_A – перевищення між точкою A і цією молодшою горизонталлю.

Перевищення ΔH_A визначають за формулою:

$$\Delta H_A = \frac{d}{a} h, \quad (2.3)$$

де a – довжина закладання, проведеного через точку A ; d – довжина відрізка закладання від горизонталі з позначкою $H_{НГ}$ до точки A .

Відрізки a і d вимірюють на топографічній карті за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки (поперечного масштабу).

Наприклад, якщо $H_{НГ} = 160$ м (рис. 2.2), $a = 9$ мм, $d = 7$ мм, $h = 5$ м, то

$$H_A = 160 + \frac{7}{9} \times 5 = 163,89 \text{ м.}$$

Позначку точки В визначають аналогічно.

Завдання 2.5 Визначити ухил i та кут нахилу v лінії AB , позначеної на топографічній карті масштабу 1:25000. *Вихідні дані:* результати розв'язання завдання 2.4. Горизонтальне прокладання лінії AB визначити за формулою (2.1).

Мірою стрімкості схилу вздовж лінії місцевості є величина ухилу цієї лінії i .

Ухил лінії AB обчислюють за формулою:

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v_{AB} = \frac{(H_B - H_A)}{d_{AB}} = \frac{h_{AB}}{d_{AB}}, \quad (2.4)$$

де H_B – позначка точки B ; H_A – позначка точки A ; d_{AB} – горизонтальне прокладання лінії AB ; h_{AB} – перевищення між точками A і B .

Ухил виражають у тисячних, процентах (%) або проміле (‰).

Кут нахилу лінії AB обчислюють за формулою:

$$v_{AB} = \operatorname{arctg} \frac{(H_B - H_A)}{d_{AB}}. \quad (2.5)$$

Наприклад, якщо $H_B = 148,75$ м, $H_A = 163,89$ м; $d_{AB} = 400$ м (рис. 2.2), то ухил і кут нахилу відповідно дорівнюють:

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v_{AB} = \frac{(148,75 - 163,89)}{400} = \frac{-15,14}{400} = -0,03785 = 3,79\% = 37,9 \text{ ‰};$$

$$v_{AB} = \operatorname{arctg}(-0,03785) = -2^\circ 10' 03''.$$

Завдання 2.6 Визначити номенклатуру та географічні координати кутів аркушів карти масштабів 1:1000000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, у яких знаходиться точка із заданими географічними координатами B та L . Схеми розграфлення накреслити від руки, заштриховуючи шукані аркуші відповідного масштабу штриховкою. На усіх схематичних рисунках (за прикладами рис. 2.3–2.8) виділити географічні координати (широти і довготи) тих паралелей і меридіанів, які утворюють під час розграфлення шукані аркуші карти різних масштабів, у яких знаходиться точка із заданими координатами.

Вихідні дані (географічні координати точки на топографічній карті):
 $B = 48^{\circ} 39' 00'' + 0i^{\circ} ij' ij''$; $L = 39^{\circ} 48' 25'' + 0i^{\circ} ij' ij''$, де ij – дві останні цифри номера залікової книжки студента.

Номенклатурою карт є умовне літерно-цифрове позначення аркушів карт та планів певних масштабів, яке надає можливість визначити положення на земній кулі тієї частини території, що зображена на цих аркушах.

Система поділу карти одного масштабу на окремі аркуші більшого масштабу за певним законом називається розграфленням топографічних карт. Основою трапецієподібного розграфлення та номенклатури топографічних карт є аркуш міжнародної карти масштабу 1:1000000. Щоб його отримати, поверхню земної кулі умовно ділять паралелями і меридіанами на частини.

Поверхню Землі паралелями ділять через 4° , отримуючи ряди або пояси (рис. 2.3). Меридіанами ділять через 6° та одержують колони.

Утворені аркуші карт масштабу 1:1000000 мають геометричну форму сферичних трапецій.

Ряди позначають великими літерами латинського алфавіту від A до V на північ і південь, починаючи від екватора.

Колони нумерують арабськими літерами від 1 до 60, починаючи від меридіана з довготою 180° у напрямку на схід, тобто проти руху годинникової стрілки.

Щоб знайти положення трапеції масштабу 1:1000000 за заданими географічними координатами точки, вказують літеру ряду і номер колони, які утворюють трапецію.

Наприклад, для конкретної точки з координатами $B = 59^{\circ} 53' 40''$, $L = 30^{\circ} 22' 10''$, такою номенклатурою є $O-36$ (виділений заливкою аркуш трапеції на рис. 2.3).

Нижче наведений приклад визначення номенклатури аркушів карт масштабів 1:100000–1:25000 (табл. 2.1), в яких розташована точка з цими координатами.

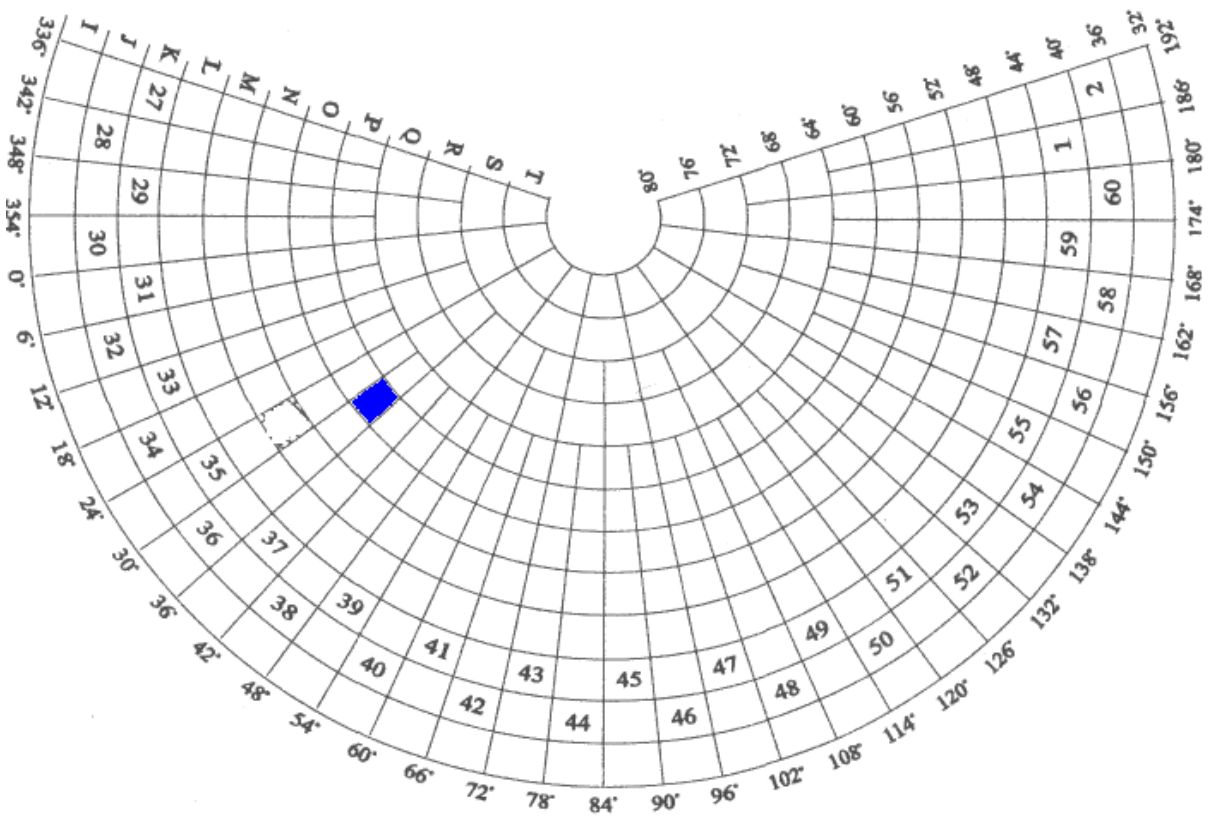


Рисунок 2.3 – Фрагмент розграфлення аркушів карт масштабу 1:1000000

Таблиця 2.1 – Номенклатура та розміри рамок трапеції аркушів карт масштабів 1:100000-1:25000

Масштаб карти	Кількість аркушів карт в аркуші, що поділяється	Приклад номенклатури аркуша карти відповідного масштабу	Розмір рамки	
			за широтою	за довготою
1:100000	144	О-36-1	0° 20' 00"	0° 30' 00"
1:50000	4	О-36-1-А	0° 10' 00"	0° 15' 00"
1:25000	4	О-36-1-Г-б	0° 05' 00"	0° 07' 30"

Аркуш карти масштабу 1:100000 є основою розграфлення і визначення номенклатури аркушів карт більших масштабів. Його отримують, поділивши один аркуш масштабу 1:1000000 на 144 частини, які позначають арабськими цифрами від 1 до 144 (рис. 2.4).

Отримана номенклатура аркуша карти масштабу 1:100000 (рис. 2.4) з урахуванням заданих для прикладу координат пункту становить О-36-1. Аркуш масштабу 1:100000 охоплює 4 аркуші масштабу 1:50000 з доповненням їх номенклатури заголовними українськими літерами – А, Б, В, Г (рис. 2.5).

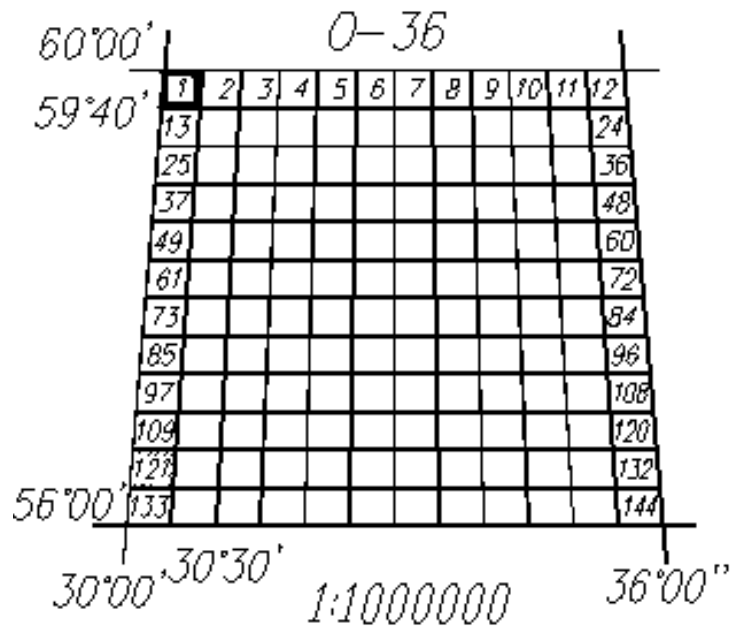


Рисунок 2.4 – Схема розграфлення аркуша карти масштабу 1:1000000 на аркуші масштабу 1:100000

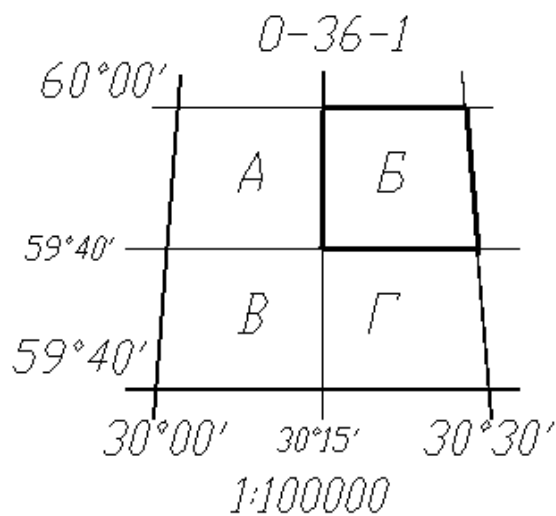


Рисунок 2.5 – Схема поділу аркуша карти масштабу 1:100000

Географічні координати кутів трапеції аркуша карти масштабу 1:50000 і його номенклатура показані на рис. 2.6.

Аркуш масштабу 1:50000 вміщує 4 аркуші масштабу 1:25000 з доповненням номенклатури останніх рядковими літерами українського алфавіту а, б, в, г (рис. 2.7).

Географічні координати кутів трапеції аркуша карти масштабу 1:25000 і його номенклатура показані на рис. 2.8.

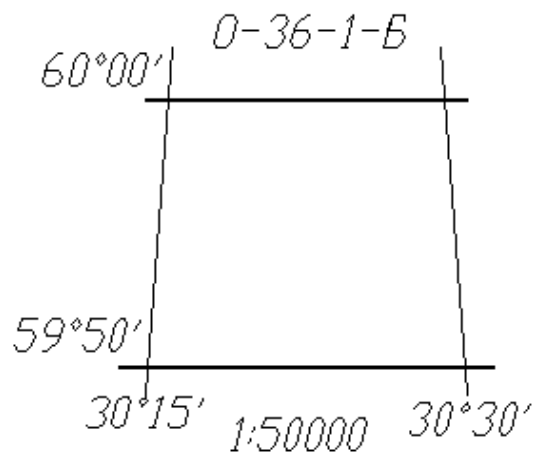


Рисунок 2.6 – Аркуш карти масштабу 1:50000

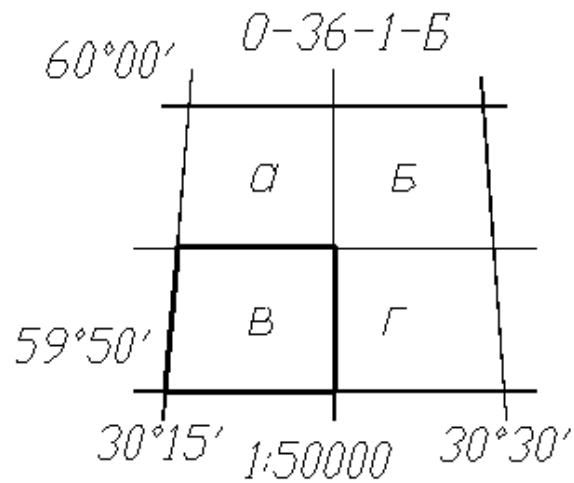


Рисунок 2.7 – Схема поділу аркуша карти масштабу 1:50000

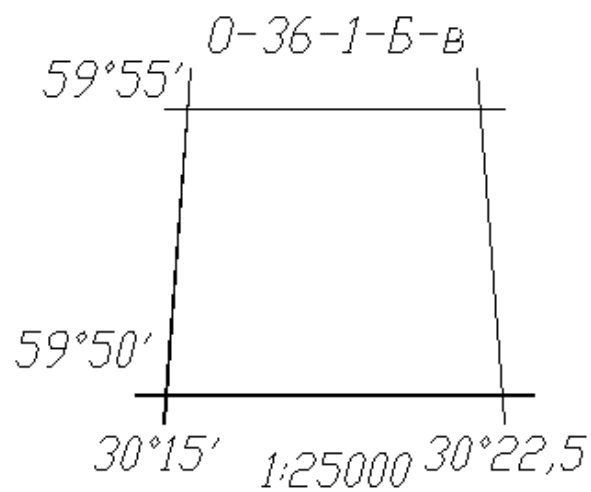


Рисунок 2.8 – Аркуш карти масштабу 1:25000

Контрольні питання

1. Якими координатами задається положення точки на земній поверхні?
2. Надайте визначення географічної широти та географічної довготи точки.
3. Надайте визначення плоским прямокутним координатам точки.
4. Надайте визначення масштабу.
5. Види масштабів.
6. Які задачі можна розв'язувати за топографічною картою?
7. Надайте визначення рельєфу місцевості.
8. Як зображують рельєф на топографічних планах і картах?
9. Як визначити висоту перерізу рельєфу і довжину закладання на топографічній карті?
10. Як визначити ухил та кут нахилу лінії місцевості?
11. Як виміряти довжину лінії на топографічній карті?
12. Як визначити висоту точки на топографічній карті?
13. Надайте визначення номенклатури топографічної карти.
14. Як визначити номенклатуру топографічної карти масштабу 1:100000?
15. Які розміри за приростами географічних координат мають рамки трапеції карти масштабу 1:25000?

Література: [1, с. 75–119; 3, с. 40–59; 8, с. 32–35; 10, с. 232–237].

Практична робота № 3

Тема. Визначення похибок вимірювання кута технічним теодолітом

Мета: навчитися обчислювати похибки, які виникають під час вимірювання горизонтальних кутів теодолітом.

Прилади й обладнання: калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Вимірювання горизонтальних кутів теодолітом супроводжуються інструментальними *похибками* приладу (ексцентриситет, колімаційна похибка, нахил осей, похибки нанесення поділок лімба), центрування візирних цілей

(редукції), центрування теодоліта, власне вимірювання кута (візування та зняття відліків за лімбом) і похибками, що виникають унаслідок впливу зовнішніх умов (зокрема, бокової рефракції). Усі перелічені похибки впливають на точність вимірювання горизонтальних кутів технічним теодолітом.

Під час вимірювання кутів інструментальні похибки, похибки внаслідок центрування, редукції, візування та рефракції зазвичай малі за розміром (від декількох до п'ятнадцяти секунд) та можуть бути зведені до мінімуму або повністю усунені спеціальною методикою спостережень і дотриманням нормативних вимог.

Найбільш суттєвою є похибка зняття відліків за лімбом (відлічування).

Завдання до теми

Обчислити середні квадратичні похибки вимірювання горизонтального кута теодолітом. *Вихідні дані:* результати виконання лабораторної роботи на тему «Вимірювання горизонтальних кутів технічним теодолітом».

Похибку візування теодоліта обчислюють за формулою:

$$m_V = \frac{60''}{V\sqrt{3}}, \quad (3.1)$$

де V – збільшення зорової труби.

Похибку за центрування теодоліта над точкою обчислюють за формулою:

$$m_X = \frac{\rho'' m_y}{d}, \quad (3.2)$$

де m_y – лінійна величина похибки центрування; d – довжина лінії; $\rho'' = 206265''$.

Середні квадратичні похибки (СКП) власне вимірювання горизонтального кута обчислюють за формулами:

$$- \text{СКП вимірювання напрямку: } m_a = \pm \frac{t}{2}; \quad (3.3)$$

$$- \text{СКП вимірювання одним напівприйомом: } m_{\beta 0,5} = m_a \sqrt{2}; \quad (3.4)$$

$$- \text{СКП вимірювання одним повним прийомом: } m_{\beta 1} = m_a; \quad (3.5)$$

– СКП вимірювання двома прийомами: $m_{\beta 2} = \frac{m_a}{\sqrt{2}}$, (3.6)

де t – точність зняття відліку, яка залежить від відлікового пристрою теодоліта.

Гранично допустиму різницю між значеннями кута у напівприйомах (граничну похибку) обчислюють за формулою:

$$\varepsilon_{p\Delta_{дон}} = \pm 2t. \quad (3.7)$$

Контрольні питання

1. За якою формулою обчислюють похибку візування теодоліта?
2. За якою формулою обчислюють похибку за центрування теодоліта?
3. За якими формулами обчислюють похибки вимірювання горизонтального кута?

Література: [1, с. 190–193; 2, с. 104–107; 8, с. 101–104; 10, с. 165–170].

Практична робота № 4

Тема. Визначення похибок вимірювання довжини лінії рулеткою

Мета: навчитися обчислювати похибки, які виникають під час вимірювання довжин ліній мірними стрічками та рулетками.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

До грубих похибок лінійних вимірювань відносяться: неправильний підрахунок кількості укладань рулетки (кількості передавань шпильок); похибки під час взяття відліку за рулеткою (переплутання цифр «6» і «9», кількості метрів і сантиметрів та ін.).

Джерела випадкових похибок лінійних вимірювань:

- вимірювання некомпарованою рулеткою;
- нехтування температурним впливом середовища під час вимірювань;
- прокладання стрічки рулетки не у створі вимірюваної лінії;
- поганий (недостатній) натяг стрічки під час вимірювань;
- неправильна фіксація кінців стрічки під час укладань створі лінії;

– нехтування впливом стрімкості схилу ліній із нахилами більше $1,5^\circ$.

Завдання до теми

Завдання 4.1 Визначити відносну похибку окремого вимірювання лінії рулеткою за сприятливих умов місцевості. Зробити висновок стосовно точності вимірювання. Вихідні дані: результати виконання лабораторної роботи на тему «Компарування мірних стрічок та рулеток. Вимірювання ліній мірними стрічками та рулетками».

Відносну похибку вимірювання лінії обчислюють за формулою:

$$\frac{1}{N} = \frac{\Delta S}{S}, \quad (4.1)$$

де S – середня довжина лінії, виміряної рулеткою; $\Delta S = S_{np} - S_{зв}$ – розходження у значеннях довжини, виміряної у прямому і зворотному напрямках.

Для сприятливих умов місцевості (поверхня доріг, тверде покриття вулиць, площ та т. ін.) допустима відносна похибка вимірювання лінії становить $\text{доп} \frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$.

Порівнюючи фактичну відносну похибку із допустимою роблять висновок стосовно точності вимірювання довжини лінії.

Завдання 4.2 Визначити найбільш надійне значення багаторазових рівноточних вимірювань довжини лінії рулеткою та оцінити їх точність. Вихідні дані: результати виконання лабораторної роботи на тему «Компарування мірних стрічок та рулеток. Вимірювання ліній мірними стрічками та рулетками». Найбільш надійним значенням із ряду рівноточних вимірювань однієї й тієї самої величини є середнє арифметичне з цих вимірювань X , яке обчислюють за формулою:

$$X = \frac{[L]}{n}, \quad (4.2)$$

де $[L]$ – сума результатів окремих вимірювань; n – кількість окремих вимірювань.

Середню квадратичну похибку вимірювання знаходять за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}}, \quad (4.3)$$

де $[V^2]$ – сума квадратів відхилень окремих результатів вимірювань від середнього арифметичного X .

Окреме відхилення обчислюють за формулою:

$$V_i = l_i - X. \quad (4.4)$$

Середню квадратичну похибку найбільш вірогідного значення визначають за формулою:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (4.5)$$

Відносну похибку найбільш надійного значення довжини лінії обчислюють за формулою:

$$\frac{1}{N} = \frac{M}{X}. \quad (4.6)$$

Допустима відносна помилка вимірювання довжини сторони теодолітного ходу рулеткою за звичайних умов становить $\frac{1}{N} \text{гран.} = \frac{1}{2000}$.

Приклад оцінювання точності багаторазових рівноточних лінійних вимірювань наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Приклад оцінювання точності багаторазових рівноточних лінійних вимірювань

№ пор.	Результати вимірювання, м	V, см	V ² , см ²	Результати обчислень
1	160,06	-2	4	$X = 160,08\text{м} \pm 2,3\text{см}$ $m = \sqrt{\frac{162\text{см}^2}{5}} = 5,7\text{см}$ $M = \frac{5,7\text{см}}{\sqrt{6}} = 2,3\text{см}$ $\frac{1}{N} = \frac{2,3\text{см}}{16008\text{см}} = \frac{1}{6960} < \frac{1}{2000}$
2	160,16	+8	64	
3	160,10	+2	4	
4	160,03	-5	25	
5	160,12	+4	16	
6	160,01	-7	49	

Контрольні питання

1. Які похибки лінійних вимірювань відносяться до грубих?
2. Які похибки лінійних вимірювань відносяться до випадкових?
3. Як визначають точність вимірювання довжини окремої лінії?
4. Які вимірювання називають рівноточними?
5. Критерії оцінювання точності багаторазових рівно точних вимірювань.

Література: [1, с. 202–203; 4, с. 385–388; 8, с. 50–52; 10, с. 88–93].

Практична робота № 5

Тема. Визначення похибок технічного нівелювання

Мета: навчитися визначати похибки технічного нівелювання.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Головними джерелами похибок технічного нівелювання є похибка встановлення візирної осі в горизонтальне положення та похибка відлічування. Менш значні за величиною похибки, які виникають під час технічного нівелювання внаслідок непрямовисності встановлення рейок, їх прогинів, неточності нанесення сантиметрових та дециметрових поділок рейок, впливу кривизни рівневої поверхні Землі та вертикальної рефракції, зводяться до мінімуму в результаті застосування спеціальних способів вимірювання перевищень із застосуванням перевірених, досліджених та від'юстованих геодезичних приладів.

Завдання до теми

Визначити похибки встановлення візирної осі технічного нівеліра в горизонтальне положення та зняття відліку за рейкою. *Вихідні дані:* результати виконання лабораторної роботи на тему «Виконання технічного нівелювання».

Загальну кутову середню квадратичну похибку встановлення візирної осі нівеліра в горизонтальне положення та відлічування визначають за формулою:

$$m_{\text{заг}} = \sqrt{m_{\text{вс}}^2 + m_{\text{від}}^2}, \quad (5.1)$$

де $m_{\text{вс}} \approx 0,15\tau$, τ – ціна поділки циліндричного рівня нівеліра.

Конструкція нівелірів розробляється так, що $m_{\text{вс}} \approx m_{\text{від}}$.

Зв'язок загальної кутової середньої квадратичної похибки встановлення візирної осі технічного нівеліра в горизонтальне положення й відлічування ($m_{\text{заг}} = i$) та похибки зняття відліку за рейкою (рис. 5.1) відображає формула:

$$\frac{\Delta h}{S} = \frac{i}{\rho''}, \quad (5.1)$$

де S – довжина візирного променя, мм; i – кут нахилу візирного променя, $m_{\text{заг}} = i$; Δh – лінійна величина похибки зняття відліку за рейкою, яка відповідає куту нахилу візирного променя, мм.

Похибку зняття відліку за рейкою визначають із співвідношення (5.1) за формулою:

$$\Delta h = \frac{iS}{\rho''}. \quad (5.2)$$

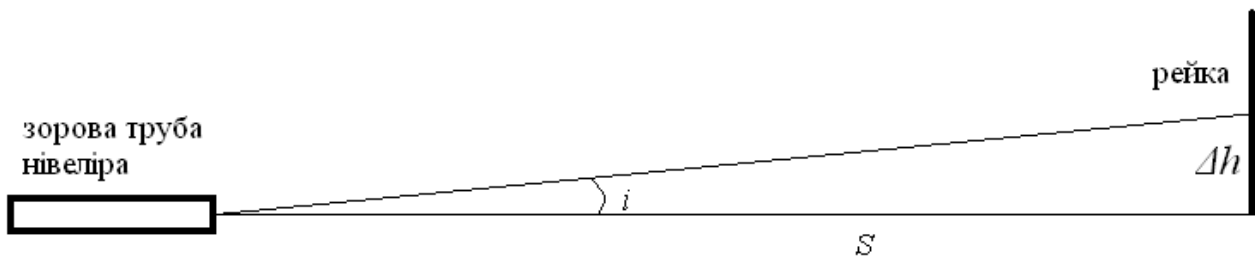


Рисунок 5.1 – Схема зв'язку похибок технічного нівелювання внаслідок встановлення візирної осі технічного нівеліра в горизонтальне положення

Наприклад, якщо за результатами вимірювання перевищення між зв'язувальними точками ходу технічного нівелювання відомо, що $\tau = 20''$ (відповідно до паспортних параметрів нівеліра), а $S = 150$ м, то:

$$m_{\text{заг}} = \sqrt{(0,15 \cdot 20)^2 + (0,15 \cdot 20)^2} = 4''; \quad \Delta h = \frac{4'' \cdot 150000}{206265''} = 3 \text{ мм.}$$

Контрольні питання

1. Основні джерела похибок технічного нівелювання.

2. Як визначити загальну кутову середню квадратичну похибку встановлення візирної осі технічного нівеліра в горизонтальне положення та відлічування?

3. Як визначити похибку зняття відліку за рейкою під час технічного нівелювання?

Література: [1, с. 241–247; 8, с. 115–116; 10, с. 299–301].

Практична робота № 6

Тема. Розв'язування прямої та оберненої геодезичних задач

Мета: засвоїти методику розв'язання прямої та оберненої геодезичних задач.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Пряма та обернена геодезичні задачі використовуються для зрівнювання теодолітних ходів та інших планових геодезичних мереж.

Пряму геодезичну задачу застосовують для обчислення координат пунктів ходів, що належать знімальним геодезичним мережам або мережам згущення. За оберненою геодезичною задачею знаходять початковий і кінцевий дирекційні кути у теодолітному або полігонометричному ході та довжини базисних сторін для безпосереднього прив'язування ходу до вихідних пунктів вищого класу.

Завдання до теми

Завдання 6.1 Розв'язати пряму геодезичну задачу (рис. 6.1).

Вихідні дані: координати початкової точки лінії $X_1 = (4285,32 + ij, ij)$ м, $Y_1 = (3843,84 - ij, ij)$ м, дирекційний кут $\alpha_{1-2} = 326^\circ 43,5' + i,j'$, горизонтальне прокладання лінії $d_{1-2} = 210,43$ м, де ij – дві останні цифри номера залікової книжки студента.

Сутність прямої геодезичної задачі (за прикладом на рис. 6.1) полягає в тому, щоб за заданими координатами X_1, Y_1 початкової точки лінії (точки 1),

горизонтальним прокладанням d_{1-2} лінії 1–2 та дирекційним кутом цієї лінії α_{1-2} визначити координати кінцевої точки цієї лінії (точки 2).

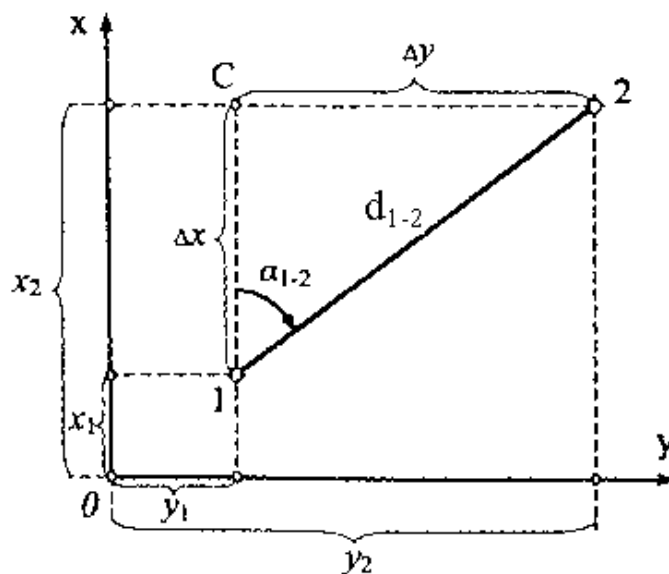


Рисунок 6.1 – Схема прямої та оберненої геодезичних задач

Як видно з рис. 6.1, шукані координати точки 2 визначають за такими формулами:

$$\begin{cases} X_2 = X_1 + (X_2 - X_1) = X_1 + \Delta X; \\ Y_2 = Y_1 + (Y_2 - Y_1) = Y_1 + \Delta Y. \end{cases} \quad (6.1)$$

Прирости координат ΔX і ΔY , що являють собою проекції лінії 1-2 на осі координат, обчислюють за формулами:

$$\begin{cases} \Delta X = d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}; \\ \Delta Y = d_{1-2} \sin \alpha_{1-2}. \end{cases} \quad (6.2)$$

Знаки приростів координат визначаються знаками відповідних тригонометричних функцій \cos і \sin дирекційного кута α_{1-2} .

Результати розв'язання прямої геодезичної задачі оформляють у відомості (за прикладом табл. 6.2).

Завдання 6.2 Розв'язати обернену геодезичну задачу. Вихідні дані: координати початкової точки лінії $X_1 = (3728,43 + ij, ij)$ м, $Y_1 = (4756,39 + ij, ij)$ м; координати кінцевої точки $X_2 = (3544,28 - ij, ij)$ м, $Y_2 = (4864,20 - ij, ij)$ м, де ij – дві останні цифри номера залікової книжки студента.

Таблиця 6.2 – Відомість обчислення прямої геодезичної задачі

№ пор.	Позначення	Числові значення
1	α_{1-2}	55° 17' 30''
2	d_{1-2}	158,92
3	X_1	6066471,86
4	Y_1	4311019,57
5	$\cos \alpha_{1-2}$	+0,56939909
6	$\sin \alpha_{1-2}$	+0,82206123
7	ΔX	+90,49
8	ΔY	+130,642
9	X_2	6066562,35
10	Y_2	4311150,21

Сутність оберненої геодезичної задачі (за прикладом на рис. 6.1) полягає в тому, щоб за заданими координатами початкової та кінцевої точок 1 (X_1, Y_1) і 2 (X_2, Y_2) лінії 1–2 визначити її дирекційний кут α_{1-2} і довжину d_{1-2} .

Для обчислення дирекційного кута використовують формулу:

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}. \quad (6.3)$$

Спочатку знаходять так званий табличний кут або румб r :

$$r_{1-2} = \operatorname{arctg} \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}. \quad (6.4)$$

За знаками приростів координат визначають, у якій координатній чверті знаходиться дирекційний кут (табл. 1.1), і за формулами приведення знаходять значення дирекційного кута.

Горизонтальне прокладання лінії 1–2 обчислюють за формулами:

$$d_{1-2} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{1-2}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{1-2}}; \quad (6.5)$$

$$d_{1-2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (6.6)$$

Результати розв'язання оберненої геодезичної задачі заносять до відомості (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Відомість обчислення оберненої геодезичної задачі

Номер пор.	Позначення	Числові значення
1	Y_2	4312603,32
2	Y_1	4312428,78
3	X_2	6065983,63
4	X_1	6065832,85
5	$Y_2 - Y_1$	+174,54
6	$X_2 - X_1$	+150,78
7	$\text{tg } \alpha_{1-2}$	1,15758058
8	r_{1-2}	ПнСх: $49^\circ 10' 38''$
9	α_{1-2}	$49^\circ 10' 38''$
10	$\cos \alpha$	+0,65372146
11	$\sin \alpha$	+0,75673526
12	d_{1-2}	230,65
13	d_{1-2}	230,65
14	d_{1-2}	230,65

Завдання 6.3 Для контролю результатів розв'язання завдань 6.1 і 6.2 розв'язати пряму та обернену геодезичні задачі за наведеними вище алгоритмами, реалізованими у програмі «Геодезический калькулятор». *Вихідні дані:* такі самі, як і в завданнях 6.1 і 6.2.

Для розв'язання прямої та оберненої геодезичної задач достатньо внести вихідні дані у вкладки «Прямая геодезическая задача» та «Обратная геодезическая задача» програми «Геодезический калькулятор». Тоді результати з'являться у відповідних вікнах програми автоматично. Можна застосувати також аналогічні шаблони, розроблені за допомогою Microsoft Excel та реалізовані в інших програмах.

Контрольні питання

1. У чому полягає сутність прямої геодезичної задачі?
2. Порядок розв'язання прямої геодезичної задачі.
3. У чому полягає сутність оберненої геодезичної задачі?
4. Порядок розв'язання оберненої геодезичної задачі.
5. Наведіть схему прямої та оберненої геодезичних задач.

Література: [1, с. 270–273; 4, с. 47–49; 8, с. 82–83; 10, с. 189–190].

Практична робота № 7

Тема. Обчислення координат точок, визначених прямою та оберненою засічками

Мета: засвоїти методику визначення координат точки прямою та оберненою кутовими засічками.

Прилади й обладнання: калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Одним із способів визначення координат невідомих точок місцевості є виконання геодезичних засічок. Геодезичні засічки виконують для безпосереднього топографічного знімання, створення додаткових пунктів планової знімальної основи (теодолітних ходів або мікротріангуляції) або прив'язування пунктів геодезичних мереж до постійних предметів та споруд місцевості (для забезпечення можливості відшукування місцеположення геодезичних пунктів). Якщо внаслідок різних причин неможливим є виконання лінійних вимірювань або безпосереднє прив'язування невідомої точки до вихідних пунктів, то координати цієї точки часто знаходять розв'язанням прямих або обернених кутових засічок.

Завдання до теми

Завдання 7.1 Розв'язати пряму одноразову кутову засічку відповідно до порядку зрівнювання трикутників тріангуляції. *Вихідні дані:* координати двох суміжних теодолітного ходу, прокладеного під час виконання лабораторної роботи на тему «Прокладання теодолітного ходу» та результати кутових вимірювань з цих пунктів на невідому точку (за схемою на рис. 7.1) під час виконання лабораторної роботи на тему «Виконання горизонтального знімання місцевості».

Пряма одноразова кутова засічка полягає у визначенні координат точки за результатами кутових вимірювань, виконаних з двох вихідних пунктів із відомими координатами, на цю точку. Для визначення координат точки P (за прикладом схеми на рис. 7.1) на вихідних пунктах A і B вимірюють кути β_A і β_B між базовою лінією AB і напрямками на точку P .

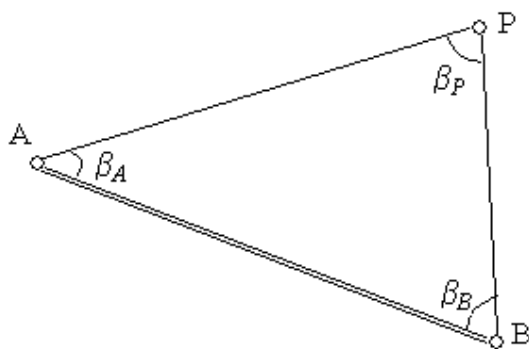


Рисунок 7.1 – Схема прямої одноразової кутової засічки

Вихідні дані для прикладу обчислень: $X_A = 3257,45$ м, $X_B = 3246,33$ м, $Y_A = 2953,71$ м, $Y_B = 3014,00$ м, $\beta_A = 53^\circ 46'$, $\beta_B = 65^\circ 45,5'$.

Пряму одноразову кутову засічку розв'язують у такому порядку (приклад обчислень):

1) розв'язання оберненої геодезичної задачі між пунктами A і B за формулами (6.3–6.6):

$$r_{AB} = \arctg \frac{(Y_B - Y_A)}{(X_B - X_A)} = \arctg \frac{(3014,00 - 2953,71)}{(3246,33 - 3257,45)} = \arctg \frac{+60,29}{-11,12} = \text{Пн}3x79^\circ 32' 59'';$$

$$\alpha_{AB} = 180^\circ - r_{AB} = 180^\circ - 79^\circ 32' 59'' = 100^\circ 27' 01'';$$

$$d_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{+60,29}{\sin 100^\circ 27' 01''} = \frac{-11,12}{\cos 100^\circ 27' 01''} = 61,31 \text{ м};$$

$$d_{\perp AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(-60,29)^2 + (-11,12)^2} = 61,31 \text{ м};$$

2) розв'язання трикутника APB (знаходження довжин ліній AP і BP із теореми синусів) за формулами:

$$d_{AP} = \frac{d_{AB} \sin \beta_B}{\sin \beta_P}, \quad d_{BP} = \frac{d_{AB} \times \sin \beta_A}{\sin \beta_P}, \quad (7.1)$$

$$\text{де } \beta_P = 180^\circ - (\beta_A + \beta_B). \quad (7.2)$$

$$\beta_P = 180^\circ - (53^\circ 46' + 65^\circ 45' 30'') = 60^\circ 28' 30''; \quad d_{AP} = \frac{61,31 \cdot \sin 65^\circ 45' 30''}{\sin 60^\circ 28' 30''} = 64,24 \text{ м};$$

$$d_{BP} = \frac{61,31 \cdot \sin 53^\circ 46'}{\sin 60^\circ 28' 30''} = 56,82 \text{ м};$$

3) обчислення дирекційних кутів ліній AP і BP (рис. 7.1) за формулами:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_A; \alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_B = \alpha_{AB} + 180^\circ + \beta_B. \quad (7.3)$$

$$\alpha_{AP} = 100^\circ 27' 01'' - 53^\circ 46' = 46^\circ 41' 01'', \alpha_{BP} = 100^\circ 27' 01'' + 180^\circ + 65^\circ 45' 30'' = 346^\circ 12' 31'';$$

4) розв'язання прямих геодезичних задач за лінією AP , з використанням формул (6.1) і (6.2):

$$X_P = X_A + d_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = 3257,45 + 64,24 \cdot \cos 46^\circ 41' 01'' = 3301,52 \text{ м};$$

$$Y_P = Y_A + d_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = 3014,00 + 64,24 \cdot \sin 46^\circ 41' 01'' = 3000,45 \text{ м};$$

5) контроль розрахунків (розв'язання прямих геодезичних задач за лінією BP), з використанням формул (6.1) і (6.2):

$$X_P = X_B + d_{BP} \times \cos \alpha_{BP} = 3246,33 + 56,82 \cdot \cos 346^\circ 12' 31'' = 3301,51 \text{ м};$$

$$Y_P = Y_B + d_{BP} \times \sin \alpha_{BP} = 3014,00 + 56,82 \cdot \sin 346^\circ 12' 31'' = 3000,46 \text{ м}.$$

Завдання 7.2 Розв'язати пряму одноразову кутову засічку за формулами Юнга. *Вихідні дані:* такі самі, як і в завданні 7.1.

Формули Юнга для розв'язання прямої кутової засічки (рис. 7.1):

$$X_P = \frac{X_A \cdot \operatorname{ctg} \beta_B - Y_A + X_B \cdot \operatorname{ctg} \beta_A + Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_A + \operatorname{ctg} \beta_B}; \quad Y_P = \frac{Y_A \cdot \operatorname{ctg} \beta_B + X_A + Y_B \cdot \operatorname{ctg} \beta_A - X_B}{\operatorname{ctg} \beta_A + \operatorname{ctg} \beta_B}. \quad (7.4)$$

Контроль обчислень здійснюють за формулами:

$$X_A = \frac{X_B \times \operatorname{ctg} \beta_P - Y_B + X_P \times \operatorname{ctg} \beta_B + Y_P}{\operatorname{ctg} \beta_P + \operatorname{ctg} \beta_B}; \quad Y_A = \frac{Y_B \times \operatorname{ctg} \beta_P + X_B + Y_P \times \operatorname{ctg} \beta_B - X_P}{\operatorname{ctg} \beta_P + \operatorname{ctg} \beta_B}. \quad (7.5)$$

Приклад обчислень (за вихідними даними для прикладу в завданні 7.1):

$$X_P = \frac{3257,45 \times \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' - 2953,71 + 3246,33 \times \operatorname{ctg} 53^\circ 46' + 3014,00}{\operatorname{ctg} 53^\circ 46' + \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30''} = 3301,52 \text{ м};$$

$$Y_P = \frac{2953,71 \times \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' + 3257,45 + 3014,00 \times \operatorname{ctg} 53^\circ 46' - 3246,33}{\operatorname{ctg} 53^\circ 46' + \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30''} = 3000,46 \text{ м}.$$

Контроль обчислень:

$$X_A = \frac{3246,33 \times \operatorname{ctg} 60^\circ 28' 30'' - 3014,00 + 3301,52 \times \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' + 3000,46}{\operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' + \operatorname{ctg} 60^\circ 28' 30''} = 3257,46 \text{ м};$$

$$Y_A = \frac{3014,00 \times \operatorname{ctg} 60^\circ 28' 30'' + 3246,33 + 3000,46 \times \operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' - 3301,52}{\operatorname{ctg} 65^\circ 45' 30'' + \operatorname{ctg} 60^\circ 28' 30''} = 2953,71 \text{ м}.$$

Завдання 7.3 Розв'язати обернену одноразову кутову засічку (за прикладом схеми на рис. 7.2) для визначення координат точки (вставки у

трикутник мікротріангуляції). *Вихідні дані*: результати виконання лабораторної роботи на тему «Прокладання теодолітного ходу» (координати трьох пунктів теодолітного ходу).

Обернена кутова засічка полягає у визначенні координат точки за результатами вимірювання на цій точці кутів між напрямками на три і більше пункти з відомими координатами.

Для визначення координат точки P між напрямками на пункти A, B, C , координати яких відомі, вимірюють кути α, β і γ (рис. 7.2).

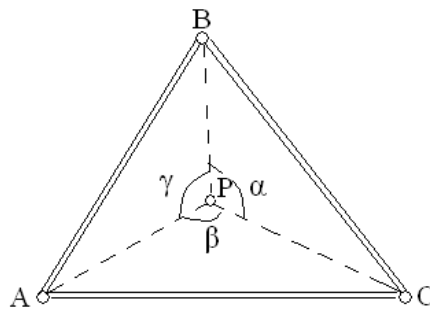


Рисунок 7.2 – Схема оберненої кутової засічки

Існує багато способів розв'язання оберненої кутової засічки. Одним з простих способів є розв'язання оберненої засічки за формулами Ансермета:

$$X_P = \frac{X_A P_A + X_B P_B + X_C P_C}{P_A + P_B + P_C}; \quad Y_P = \frac{Y_A P_A + Y_B P_B + Y_C P_C}{P_A + P_B + P_C}, \quad (7.6)$$

де A, B, C – кути на вихідних точках; P_A, P_B, P_C – ваги кутів.

Кути A, B, C обчислюють за дирекційними кутами вихідних сторін, які, водночас, знаходять із розв'язання обернених геодезичних задач між кожною парою вихідних пунктів: A і B, B і C, A і C .

Ваги обчислюють за формулами:

$$P_A = \frac{1}{\text{ctg}A - \text{ctg}\alpha}; \quad P_B = \frac{1}{\text{ctg}B - \text{ctg}\beta}; \quad P_C = \frac{1}{\text{ctg}C - \text{ctg}\gamma}. \quad (7.7)$$

Приклад обчислення оберненої кутової засічки за формулами Ансермета наведено в табл. 7.1. Вихідні дані до прикладу розрахунку: $X_A = 1388,09$ м; $X_B = 1712,62$ м; $X_C = 1376,20$ м; $\alpha = 119^\circ 03,9'$; $\gamma = 131^\circ 49,2'$; $Y_A = 2686,06$ м; $Y_B = 2953,76$ м; $Y_C = 3031,51$ м; $\beta = 109^\circ 06,9'$.

Таблиця 7.1 – Відомість обчислення оберненої кутової засічки

№ пор.	Позначення	Числові значення	№ пор.	Позначення	Числові значення
1	X_A	1388,09	19	C	$75^\circ 00,9'$
2	Y_A	2686,06	20	$ctg C$	0,267669
3	X_B	1712,62	21	γ	$131^\circ 49,2'$
4	Y_B	2953,76	22	$ctg \gamma$	-0,894732
5	X_C	1376,20	23	$Ctg C - ctg \gamma$	1,162401
6	Y_C	3031,51	24	P_c	0,860288
7	A	$52^\circ 27,3'$	25	$P_A + P_B + P_C$	2,513781
8	$ctg A$	0,768576	26	$X_A \cdot P_A$	1050,63
9	α	$119^\circ 03,9'$	27	$X_B \cdot P_B$	1538,65
10	$Ctg \alpha$	-0,555793	28	$X_C \cdot P_C$	1183,93
11	$ctg A - ctg \alpha$	1,324369	29	$X_A P_A + X_B P_B + X_C P_C$	3773,20
12	P_A	0,755076	30	X_P	1501,01
13	B	$52^\circ 31,8'$	31	$Y_A \cdot P_A$	2028,18
14	$ctg B$	0,766495	32	$Y_B \cdot P_B$	2653,71
15	β	$109^\circ 06,9'$	33	$Y_C \cdot P_C$	2607,97
16	$Ctg \beta$	-0,346574	34	$Y_A P_A + Y_B P_B + Y_C P_C$	7289,86
17	$ctg B - ctg \beta$	1,113069	35	Y_P	2899,96
18	P_B	0,898417			

Контрольні питання

1. Види та сутність геодезичних засічок.
2. Порядок розв'язання прямої одноразової кутової засічки.
3. Порядок обробки оберненої кутової засічки за формулами Ансермета.

Література: [1, с. 291–299; 3, с. 244–255; 4, с. 557–575; 9, с. 220–224].

Практична робота № 8

Тема. Зрівнювання теодолітного ходу

Мета: засвоїти методику зрівнювання теодолітного ходу.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Зрівнювання теодолітного ходу виконують під час камеральної обробки матеріалів горизонтального топографічного знімання. Зрівнювання теодолітного ходу передбачає зрівнювання горизонтальних кутів цього ходу,

обчислення дирекційних кутів усіх сторін ходу, обчислення і зрівнювання приростів координат, обчислення координат точок ходу.

Завдання до теми

Завдання 8.1 Обчислити координати пунктів замкненого та діагонального теодолітних ходів планової основи топографічного знімання. *Вихідні дані:* результати виконання лабораторної роботи на тему «Прокладання теодолітного ходу».

Порядок визначення прямокутних координат вершин теодолітного ходу.

1. *Зрівнювання кутів теодолітного ходу.* Складають схему ходу.

Кутову нев'язку у теодолітному ході обчислюють за формулою:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{вимір}} - \sum \beta_{\text{теор}} \quad (8.1)$$

Теоретичну суму кутів замкненого ходу обчислюють за формулою

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180(n-2), \quad (8.2)$$

де n – кількість горизонтальних кутів теодолітного ходу.

Теоретичну суму кутів діагонального ходу обчислюють за формулою

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{поч}} - \alpha_{\text{кін}} + 180n, \quad (8.3)$$

де $\alpha_{\text{кін}}$, $\alpha_{\text{поч}}$ – вихідні дирекційні кути відповідно початкової і кінцевої ліній.

Допустиму кутову нев'язку замкненого ходу обчислюють за формулою

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = \pm 1' \sqrt{n} \quad (8.4)$$

Допустиму кутову нев'язку діагонального ходу обчислюють за формулою

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = \pm 2' \sqrt{n} \quad (8.5)$$

Якщо фактична нев'язка f_{β} не перевищує величину допустимої кутової нев'язки ходу, то якість виконаних вимірювань признають достатньою і виконують зрівнювання кутів, для чого вводять поправки у виміряні кути. Якщо умова не виконується, то горизонтальні кути ходу необхідно перемерити.

Поправку в кожний виміряний горизонтальний кут розподіляють з протилежним знаком порівну на всі кути:

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}. \quad (8.6)$$

Сума виправлених кутів ходу має дорівнювати теоретичній сумі кутів.

2. Обчислення дирекційних кутів сторін ходу.

За вихідним дирекційним кутом лінії 1–2 та виправленими кутами ходу обчислюють дирекційні кути всіх сторін ходу за формулою (для правих кутів):

$$\alpha_{k+1} = \alpha_k - 180 + \beta_{випр}, \quad (8.7)$$

де α_k – дирекційний кут попередньої лінії ходу; $\beta_{випр}$ – праві за ходом кути.

Контролем обчислення дирекційних кутів є рівність обчисленого значення дирекційного кута та відомого вихідного значенням.

3. Обчислення і зрівнювання приростів координат. Прирости координат обчислюють за формулами:

$$\begin{cases} \Delta X = d \cos \alpha; \\ \Delta Y = d \sin \alpha. \end{cases} \quad (8.9)$$

де d – горизонтальне прокладання сторони; α – дирекційний кут цієї сторони.

Координатні нев'язки ходу обчислюють за формулами

$$\begin{cases} f_x = \sum \Delta X_{\text{практ.}} - \sum \Delta X_{\text{теор.}}; \\ f_y = \sum \Delta Y_{\text{практ.}} - \sum \Delta Y_{\text{теор.}} \end{cases} \quad (8.10)$$

де $\sum \Delta X_{\text{практ.}}$, $\sum \Delta Y_{\text{практ.}}$ – практичні суми приростів координат; $\sum \Delta X_{\text{теор.}}$, $\sum \Delta Y_{\text{теор.}}$ – теоретичні суми приростів координат.

Для замкненого теодолітного ходу теоретична сума приростів координат дорівнює нулю, а для діагонального – різниці координат кінцевого і початкового вихідних пунктів.

Абсолютну лінійну нев'язку ходу ΔP визначають за формулою:

$$\Delta P = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (8.11)$$

Відносну нев'язку ходу обчислюють за формулою

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{P : \Delta P}, \quad (8.12)$$

де P – периметр ходу.

Відносна нев'язка ходу не має перевищувати допуску, який приймають для замкнених теодолітних ходів рівним $1/2000$ [2]. Допустима відносна невязка діагонального ходу становить $1/1500$. Якщо фактична відносна нев'язка ходу перевищує допустиму, то необхідно виконати повторні вимірювання довжин сторін ходу. Якщо відносна нев'язка ходу не перевищує встановленого допуску, то якість лінійних вимірювань признають достатньою і виконують зрівнювання приростів координат, яке полягає у введенні до них відповідних поправок.

Поправки знаходять способом розподілення нев'язок f_x і f_y з протилежним знаком пропорційно до довжин сторін. Суми поправок мають дорівнювати нев'язкам із оберненим знаком. Суми виправлених приростів координат повинні дорівнювати теоретичним суммам приростів координат.

4. Обчислення координат точок теодолітного ходу.

Координати точок теодолітного ходу обчислюють за формулами

$$\begin{cases} X_{K+1} = X_K + \Delta X_{\text{випр}}; \\ Y_{K+1} = Y_K + \Delta Y_{\text{випр}}. \end{cases} \quad (8.13)$$

Остаточним контролем правильності обчислень є рівність обчислених координат і вихідних координат кінцевої точки ходу. Приклад зрівнювання теодолітного ходу за схемою планової основи на рис. 8.1 наведено у табл. 8.1.

Завдання 8.2. Для контролю результатів розв'язання завдання 8.1 обчислити координати пунктів замкненого теодолітного ходу за наведеним вище алгоритмом, реалізованим у програмі «Геодезический калькулятор».

Вихідні дані: такі самі, як і в завданні 8.1.

Для зрівнювання теодолітного ходу достатньо внести вихідні дані (значення горизонтальних кутів, довжин ліній та вихідних координат) у вкладку «Вычисление координат точек теодолитного хода» програми «Геодезический калькулятор». Тоді результати (значення координат пунктів ходу та усіх нев'язок) з'являться у відповідному вікні програми автоматично.

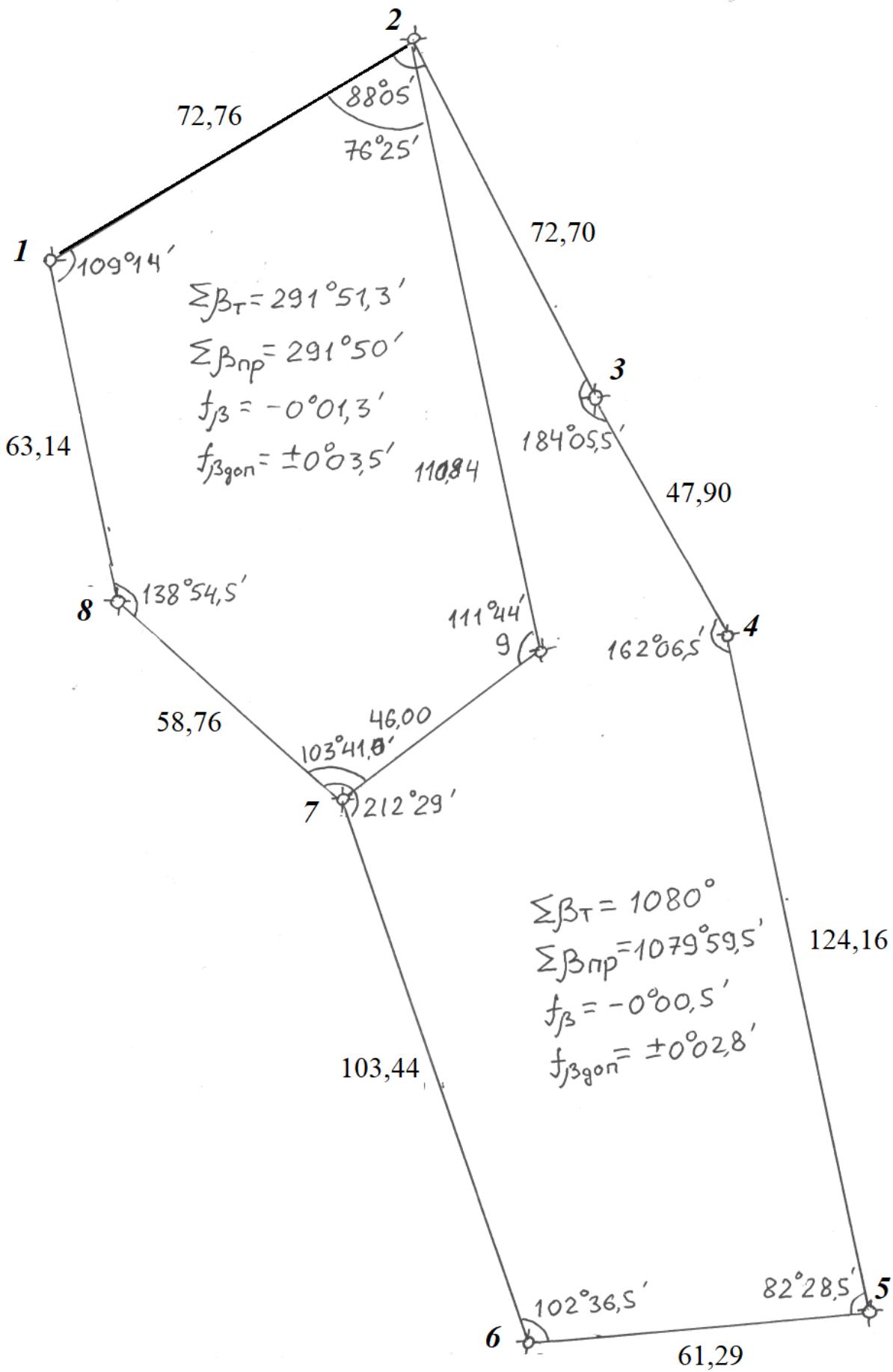


Рисунок 8.1 – Приклад Схеми планової основи топографічного знімання

Таблиця 8.1 – Приклад Відомості обчислення координат точок теодолітного ходу

Номер пункту ходу	Вимірний горизонтальний кут	Пол-ровка	Виправлений кут		Дирекційний кут		Румби			Горизонтальне прокладання, м	Прирости координат, м				Координати, м		
			°	'	°	'	°	'	°		'	Обчислені		Виправлені		X	Y
												±ΔX	±ΔY	±ΔX	±ΔY		
1	2	3	°	'	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1					56	18	ПнСх	56	18	72,76	-0,01 +40,37	-0,03 +60,53	+40,36	+60,50	3435,86	2848,91	
2	88° 05'	+0,1	88	05,1'	148	12,9	ПдСх	31	47,1	72,70	-0,01 -61,80	-0,02 +38,29	-61,81	+38,27	3476,22	2909,41	
3	184° 05,5'	0	184	05,5'	144	07,4	ПдСх	35	52,6	47,90	-0,01 -38,81	-0,02 +28,07	-38,82	+28,05	3414,41	2947,68	
4	162° 06,5'	0	162	06,5'	162	00,9	ПдСх	17	59,1	124,16	-0,02 -118,09	-0,03 +38,34	-118,11	+38,31	3375,59	2975,73	
5	82° 28,5'	+0,1	82	28,6,5'	259	32,3	ПдЗх	79	32,3	61,29	-0,01 -11,13	-0,02 -60,27	-11,14	-60,29	3257,48	3014,04	
6	102° 36,5'	+0,1	102	36,6'	336	55,7	ПнЗх	23	04,3	103,44	-0,01 +95,17	-0,03 -40,54	+95,16	-40,57	3246,34	2953,75	
7	212° 29'	0	212	29	304	26,7	ПнЗх	55	33,3	58,76	-0,01 +33,24	-0,02 -48,46	+33,23	-48,48	3341,50	2913,18	
8	138° 54,5'	+0,1	138	54,6	345	32,1	ПнЗх	14	27,9	63,14	-0,01 +61,14	-0,02 -15,77	+61,13	-15,79	3374,73	2864,70	
1	109° 14'	+0,1	109	14,1	P = 604,15 м										3435,86	2848,91	
$\Sigma\beta_{\text{вим}}$	1079° 59,5'	$\Sigma\beta_{\text{випр}}$	1080°	00'						$\Sigma\Delta_{\text{практ}}$	+0,09	+0,19	0	0			
$\Sigma\beta_{\text{теор}}$	1080° 00'				$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (8 - 2) = 1080^\circ 00'$					$\Sigma\Delta_{\text{теор}}$	0	0					
f_{β}	-0° 00,5'	$f_{\text{доп}}$	±0°	02,8'						$f_x = +0,09$	$f_y = +0,19$						
										$f_{\text{абс}} = 0,21$	$f_{\text{відл}} = 1/2877$	$f_{\text{доп}} = 1/2000$					

Можна застосувати також аналогічні шаблони зрівнювання окремого теодолітного ходу, розроблені за допомогою Microsoft Excel та реалізовані в інших програмах.

Контрольні питання

1. Як здійснюють прив'язування теодолітного ходу до вихідних пунктів?
2. Види теодолітних ходів.
3. Порядок зрівнювання теодолітного ходу.
4. Поняття кутової нев'язки теодолітного ходу.
5. Як визначити теоретичну суму приростів координат теодолітного ходу?
6. За якою формулою обчислюють допустиму кутову нев'язку в теодолітному ході?
7. За якою формулою обчислюють координатні та відносну нев'язки у теодолітному ході?
8. За якою формулою обчислюють координати точок теодолітного ходу?
9. Якою є допустима відносна нев'язка теодолітного ходу?

Література: [1, с. 274–283; 2, с. 117–141; 8, с. 79–86; 10, с. 190–201].

Практична робота № 9

Тема. Камеральна обробка журналу технічного нівелювання

Мета: засвоїти методику камеральної обробки матеріалів технічного нівелювання.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Камеральні роботи передбачають камеральну обробку польового журналу технічного нівелювання (обчислення п'яток рейок, перевищень, посторінковий контроль, зрівнювання нівелірного ходу, визначення позначок проміжних точок та поперчників) та складання профілів траси.

Завдання до теми

Виконати камеральну обробку журналу технічного нівелювання (за прикладом, наведеним у табл. 9.1). *Вихідні дані:* результати виконання

лабораторної роботи на тему «Виконання технічного нівелювання».

Спочатку виконують посторінковий контроль: на кожній сторінці журналу (табл. 9.1) знаходять і записують суми всіх відліків за задньою ($\sum a$) та передньою ($\sum b$) рейками, суму перевищень за чорною та червоною сторонами рейок ($\sum h_{обч}$) і суму середніх перевищень ($\sum h_{сер}$).

Висотну нев'язку ходу f_h обчислюють за формулою

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_{сер} - \sum h_{теор.}, \quad (9.1)$$

де $\sum h_{сер}$ – сума середніх перевищень між зв'язувальними точками у ході; n – кількість станцій у ході; $\sum h_{теор.}$ – теоретична сума перевищень ходу.

Допустиму висотну нев'язку (у мм) знаходять за формулою

$$f_{дон} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (9.2)$$

де L – довжина ходу (полігону) в кілометрах.

Якщо фактична висотна нев'язка не перевищує допустиму, то виконують зрівнювання середніх перевищень. Інакше всі вимірювання повторюють.

Зрівнювання середніх перевищень полягає у введенні в них поправок і обчисленні виправлених середніх перевищень. Поправки у перевищення знаходять методом рівномірного розподілу висотної нев'язки на всі перевищення з протилежним знаком:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}. \quad (9.3)$$

Поправки обчислюють із заокругленням до цілих міліметрів.

За виправленими перевищеннями визначають позначки точок ходу, починаючи з позначки вихідного репера за формулою

$$H_{i+1} = H_i + h'_{сер}, \quad (9.4)$$

де H_i і H_{i+1} – позначки попередньої та наступної точок ходу; $h'_{сер}$ – виправлене значення середнього перевищення між цими точками.

Таблиця 9.1 – Приклад обробленого журналу технічного нівелювання

№ станції	Назва точки	Відліки по рейці, мм			Перевищення, м			Горизонт приладу	Позначка точки, м <i>H</i>
		задн. <i>a</i>	перед. <i>b</i>	пром. <i>c</i>	обчисл. <i>h'</i> <i>h''</i>	серед. <i>h_{сер.}</i>	ув'язані <i>h_{ув.}</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rp 146	2473							157,209
		7257							
1		4784			+975	+974 ⁺¹	+975		
	ПК 0		1498		+973				158,184
			6284						
			4786						
	ПК 0	1611							158,184
		6390							
2		4779			+412	+412 ⁺¹	+413		
	ПК 1		1199		+412				158,597
			5978						
			4779						
	ПК 1	1314							158,597
		6098							
3		4784			-877	-876 ⁺¹	-875		
	ПК 2		2191		-875				157,722
			6973						
			4783						
	ПК 2	0793						158,516	157,722
		5574							
		4781							
	ПК 2+38			2125					156,391
4	Л-8			2493	+438	+438 ⁺¹	+439		156,023
	Л-15			1947	+438				156,569
	П-6			1618					156,898
	П-20			1183					157,333
	ПК 2+60			1177					157,339
	ПК 3		0355						158,161
			5136						
			4781						
	ПК 3	1605							158,161
		6384							
5		4779			+612	+612 ⁺¹	+613		
					+612				
	Rp 147		0993						158,774
			5772						
			4779						

$$\sum a = 39499 \text{ мм}; \quad \sum b = 36379 \text{ мм}; \quad \frac{\sum a - \sum b}{2} = +1560 \text{ мм}; \quad \frac{\sum h_{обч}}{2} = +1560 \text{ мм};$$

$$\sum h_{сер} = +1560 \text{ мм}; \quad \sum h_{теор} = 158,774 - 157,209 = +1,565 \text{ м};$$

$$f_h = -5 \text{ мм}; \quad f_{дон} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{0,5} = \pm 35 \text{ мм}; \quad \sum h_{ув} = +1565 \text{ мм}.$$

Контролем обчислення висот точок нівелірного ходу є рівність обчисленого значення позначки кінцевого репера із відомим.

Горизонт приладу обчислюють за формулою

$$ГП = \frac{H_i + a + H_{i+1} + b}{2}, \quad (9.5)$$

де H_i – позначка задньої зв’язувальної точки; a – відлік за чорною стороною рейки, встановленої на задній точці ходу; H_{i+1} – позначка передньої точки; b – відлік за чорною стороною рейки, встановленої на передній точці ходу.

Позначки проміжних точок та поперечників обчислюють за формулою

$$H_{пром} = ГП - c, \quad (9.6)$$

де c – відлік за чорною стороною рейки, встановленої на проміжній точці.

Контрольні питання

1. Як обчислити позначку (абсолютну висоту) передньої точки ходу?
2. Як знайти горизонт приладу на станції?
3. Як визначити висоту проміжної точки?
4. Як обчислити нев’язку розімкненого нівелірного ходу?

Література: [2, с. 200–206; 8, с. 128–131; 10, с. 291–294].

Практична робота № 10

Тема. Камеральна обробка журналу тахеометричного знімання

Мета: засвоїти методику камеральної обробки результатів тахеометричного знімання, виконаного оптичним теодолітом.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор.

Короткі теоретичні відомості

Після виконання польових робіт тахеометричного знімання виконують камеральну обробку його результатів з метою знаходження позначок рейкових (пікетних) точок і складання топографічного плану місцевості.

Під час камеральної обробки журналу тахеометричного знімання (табл. 10.1) на підставі вимірянних теодолітом чи тахеометром відстаней до

рейкових точок і відліків за горизонтальним та вертикальним кругами обчислюють місце нуля, кути нахилу на рейкові точки, горизонтальні прокладання від станції до рейкових точок, перевищення станції над рейковими точками, а також позначки рейкових точок.

Завдання до теми

Обробити журнал тахеометричного знімання (за прикладом обчислень у табл. 10.1 та зарису на рис. 10.1).

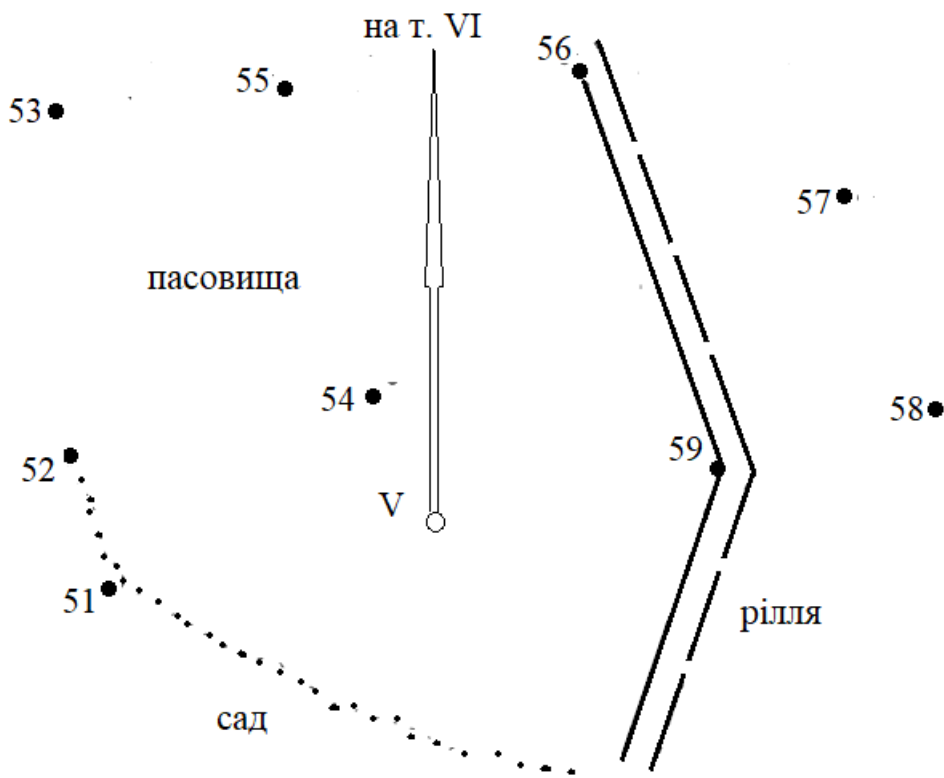


Рисунок 10.1 – Приклад зарису тахеометричного знімання

Вихідні дані: результати лабораторної роботи на тему «Виконання тахеометричного знімання технічним теодолітом».

Горизонтальне прокладання обчислюють за формулою

$$d = D \cdot \cos^2 \nu, \quad (10.1)$$

де D – нахилена відстань, виміряна віддалеміром; ν – кут нахилу.

Перевищення рейкових точок відносно точки знімальної основи (станції) обчислюють за формулою (за умови рівності висот візування і наведення):

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu, \quad (10.2)$$

де d – горизонтальне прокладання; v – кут нахилу.

Висоти пікетних точок обчислюють за формулою

$$H_i = H_{cm} + h, \quad (10.3)$$

де H_{cm} – висота станції; h – перевищення між станцією і пікетною точкою.

Приклад обробки польових вимірювань під час тахеометричного знімання відповідно до зарису (рис. 10.1) наведено у табл. 10.1.

Контрольні питання

1. За якою формулою обчислюють горизонтальне прокладання лінії між станцією і рейковою точкою під час тахеометричного знімання?
2. Яким методом визначають перевищення між станцією і рейковою точкою під час тахеометричного знімання?
3. За якою формулою обчислюють позначки рейкових точок?
4. Як вимірюють нахилену відстань між станцією і рейковою точкою?
5. Як визначити висоту рейкової точки?
6. Що таке тахеометричне знімання?
7. Які прилади використовують під час тахеометричного знімання?
8. Сутність камеральної обробки польових матеріалів тахеометричного знімання.

Література: [2, с. 262–265; 10, с. 370–385; 11, с. 104–107].

Таблиця 10.1 – Журнал тахеометричного знімання (фрагмент)

Дата 12.05.2019 Висота приладу $i = 1,50$ Висота наведення $l = 1,50$ Погода сонячно, ясно

Номер рейкової точки	Станція V				Орієнтування на станцію VI				Позначка, м H	Примітка
	Відліки		Місце нуля МО	Кут нахилу ν	Горизон- тальне прокладання, м $d = D \cos^2 \nu$	Перевище ння, м $h = dtg \nu$	Позначка, м H			
	за нитковим віддале- міром, м D	за горизон- тальним кругом °						за верти- кальним кругом °		
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	
VI			КП -1	13						
VI	0	00	КЛ +1	14						
51	47,2	262	40	-2	44	47,09	-2,26	68,02	Оптичний теодоліт 2Т30П Коефіцієнт ниткового віддалеміра K = 100	
52	54,3	285	53	-3	51	54,05	-3,65	66,63		
53	86,5	307	22	-4	38	85,93	-6,98	63,30		
54	39,9	355	10	-1	45,5	39,86	-1,23	69,05		
55	82,1	356	40	-4	11,5	81,66	-6,00	64,28		
56	81,9	15	19	-3	01,5	81,67	-4,33	65,95		
57	84,9	52	58	-2	51,5	84,69	-4,24	66,04		
58	84,4	82	11	-2	52,5	84,19	-4,24	66,04		
59	37,6	80	08	-2	51,5	37,51	-1,88	68,40		
VI		0	01							

Спостерігач Петренко С. С.Обчислювач Коваленко М. М.Перевірив Сидоренко К. К.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геодезія. Частина перша; за заг. ред. С. Г. Могильного, С. П. Войтенка. Чернігів : Чернігівські обереги, 2002. 407 с.
2. Геодезія / Голубкин В. М. та ін. М: Недра, 1985. 376 с.
3. Измайлов П. И. Практикум по геодезии. М.: Недра, 1970. 376 с.
4. Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. Геодезія. М.: Недра, 1980. 616 с.
5. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій». Частина I / І. М. Шелковська, П. Б. Міхно. Кременчук: КрНУ, 2016. 32 с.
6. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія, картографія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр». Частина II / П. Б. Міхно, І. М. Шелковська. Кременчук: КрНУ, 2017. 31 с.
7. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.080101 – «Геодезія, картографія та землеустрій». Частина I / М. Ф. Куркач, П. Б. Міхно. Кременчук: КрНУ, 2014. 38 с.
8. Мороз О. І. Топографія: навч. посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2016. 220 с.
9. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія. Частина друга. Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2008. 564 с.
10. Геодезія. Частина перша / Островський А. Л. та ін. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. 440 с.
11. Панкин И. А., Седун А. В. Практические работы по геодезии. М.: Недра, 1978. 213 с.

Таблиця А.1 – Критерії оцінювання знань студентів

Номер роботи	Тема	Критерії оцінювання	Оцінки у балах	Максимальний бал
1	Визначення кутів орієнтування	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
2	Розв'язування задач на топографічних планах і картах	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
3	Визначення похибок вимірювання кута технічним теодолітом	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
4	Визначення похибок вимірювання довжини лінії рулеткою	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
5	Визначення похибок технічного нівелювання	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
6	Розв'язування прямої та оберненої геодезичних задач	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
7	Обчислення координат точок, визначених прямою та оберненою засічками	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
8	Зрівнювання теодолітного ходу	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
9	Камеральна обробка журналу технічного нівелювання	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1
10	Камеральна обробка журналу тахеометричного знімання	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,3 0,5 0,2	1

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр».

Частина I

Укладачі: д. т. н., проф. В. В. Артамонов,
старш. викл. М. Г. Василенко,
к. т. н., доц. П. Б. Міхно

Відповідальний за випуск заступник завідувача кафедри геодезії,
землевпорядкування та кадастру О. Г. Хохлов

Підп. до др. _____. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600